

Glauco Garcia Martins Pereira da Silva

**LINHAS DE MONTAGEM E ESTRATÉGIAS COMPETITIVAS:
*ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS***

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de doutor em Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Dr. Dalvio Ferrari Tubino.

Florianópolis
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Silva, Glauco Garcia Martins Pereira da

Linhas de montagem e estratégias competitivas: Estudo
de múltiplos casos / Glauco Gracia Martins Pereira da Silva;
orientador, Dalvio Ferrari Tubino – Florianópolis, SC, 2013.
309 p.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção.

Inclui referências

1. Engenharia de Produção. 2. Linhas de montagem.
3. Estratégia competitiva. 4. Áreas de decisão.
5. Configurações. I Ferrari Tubino, Dalvio. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção. III. Título.

Glauco Garcia Martins Pereira da Silva

**LINHAS DE MONTAGEM E ESTRATÉGIAS COMPETITIVAS:
ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de doutor em engenharia de produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

Florianópolis, 28 de março de 2013.

Prof. Antonio Cesar Bornia, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Silene Seibel, Dr.^a
Universidade Estadual do Estado de Santa Catarina

Prof.^a Monica Maria Mendes Luna, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Manoel Taboada Rodrigues, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Sérgio José Barbosa Elias, Dr.
Universidade Federal do Ceará

Prof. Gilberto José Pereira Onofre de Andrade, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família, como singelo reconhecimento à educação que sempre me foi dada.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi possível devido à participação de diversas pessoas, que contribuíram direta e indiretamente para sua conclusão. Os agradecimentos, aqui descritos, expressam meu profundo reconhecimento e consideração para com todos.

Agradeço a Silvio Daquino, Edgar Telles de Proença, Juliano Sá, Julio Monteiro, Livia Angelo, Fernando Coelho, Maurice Horst, Marcelo Larsen, Alexandre Luz, Claudio Rosa, Rafael Albanez, Rodrigo Machado, Guilherme Busato, Rogers Rodrigues dos Santos, Victor Moura, Junior Adalberto, Odilon Alves Filho, e Ana Ligia Vieira Rodrigues, pela receptividade, paciência, e compartilhamento do rico conhecimento e experiência prática, que tornaram possível a execução deste trabalho.

Agradeço a professora e amiga Silene Seibel pelos conselhos, e por viabilizar seus contatos para o estudo dos múltiplos casos.

Agradeço também à minha família, Edison Pereira da Silva, Marlete C. M. da Silva, e Ingrid G. M. P. da Silva, e aos amigos, em especial Gilberto Andrade, que compartilharam comigo este período de doutorado e escrita desta tese.

Um agradecimento especial a Lilian Oliveira, que sempre me apoiou, ajudou, e incentivou durante a execução desta pesquisa.

Por fim, meus agradecimentos e reconhecimento ao orientador e amigo Dalvio Ferrari Tubino, que é o grande responsável para que eu tenha chegado até aqui. Ele me transmitiu todo o conhecimento que compõem esta tese, e além disto é um grande exemplo de vida e dedicação. Tenho a honra de fechar seu ciclo de orientações acadêmicas, com a certeza de que ao longo destes 30 anos contribuiu para a formação de acadêmicos, profissionais, e melhores pessoas. Meus sinceros agradecimentos e votos de voos ainda mais altos nesta vida.

É verdadeiramente velho o homem que para de aprender, quer tenha 20 ou 80 anos.

(Henry Ford)

RESUMO

As necessidades dos clientes têm mudado constantemente ao longo do tempo. Neste sentido, as linhas de montagem cumprem um papel importante para os sistemas produtivos dentro das estratégias de produção. Originalmente desenvolvidas para a produção em massa de produtos padronizados, suas configurações sofreram transformações a fim de possibilitar a montagem de produtos diferenciados, e, hoje em dia, a manufatura de produtos customizados de acordo com as necessidades exatas dos consumidores. Este trabalho oferece uma revisão sistemática da literatura onde se conclui que apesar do grande número de pesquisas sobre o tema, existem lacunas relacionadas à falta de pesquisas empíricas e aplicadas, que considerem os múltiplos aspectos de soluções e configurações das linhas, e o relacionamento com as estratégias das empresas. Para contribuir com o estreitamento desta lacuna, esta tese traz um estudo de múltiplos casos com vinte e três unidades de análise. Através do qual, é desenvolvido um método para a classificação das linhas nas estratégias competitivas (Liderança de custos, Diferenciação, e Enfoque), e propostas soluções de organização e configurações dentro de dez áreas de decisão (instalações, tecnologia, capacidade, integração vertical, recursos humanos, organização, produto, qualidade, e medidas de desempenho) que são relacionadas às estratégias identificadas. Esta pesquisa oferece uma importante referência para acadêmicos no estudo mais completo das linhas de montagem, e para práticos que desejam projetar, ou melhorar, seus sistemas de montagem.

Palavras-chave: Linha de montagem. Estratégia competitiva. Estratégia de produção. Áreas de decisão. Configurações.

ABSTRACT

The needs of customers are constantly changing over the time. In this way, assembly lines meet important role for the production systems in the production strategies. Originally developed for the mass production of standardized products, your settings suffered transformations to enable the assembly of differentiated products, and now-a-days, the manufacture of customized products which meet the exact needs of consumers. This work offers a systematic literature review which concludes that despite the large number of studies on the subject, there is an important gap related to a lack of empirical and applied studies that consider the multiple aspects of lines solutions, and its relationship with the business strategy. In order to contribute to narrowing this gap this thesis provides a multiple case study of twenty-three units of analyses. Through which it is developed a method for the classification of lines in competitive strategies (cost leadership, differentiation, and focus), and solutions were proposed for configurations and organization within ten decision areas (facilities, technology, capacity, vertical integration, human resources, organization, product, quality, and performance measures) that are related to the identified strategies. This research provides an important reference for academics in the most comprehensive study of the lines, and for practical who wish to design or improve their assembly systems.

Keywords: *Assembly line. Competitive strategy. Production strategy. Decision areas. Settings.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Contexto do ambiente de pesquisa.....	33
Figura 2 – Variáveis de pesquisa.	40
Figura 3 – Processo de pesquisa na gestão de produção e operações – visão geral.	46
Figura 4 – Método de pesquisa bibliográfica utilizado.	47
Figura 5 – Gráfico da bibliometria das referências.	49
Figura 6 – Modelo geral do processo de transformação.	60
Figura 7 – Elementos dos sistemas produtivos.	61
Figura 8 – Características básicas dos sistemas produtivos.	65
Figura 9 – Características variedade-volume para o processo	66
Figura 10 - Pressupostos, condições e resultados da RBV.....	70
Figura 11 – Hierarquia das estratégias.	72
Figura 12 - Três estratégias genéricas.....	74
Figura 13 - Estratégia empresarial <i>top-down</i>	85
Figura 14 - Evolução dos critérios de desempenho e requisitos do mercado das grandes empresas manufatureiras.	90
Figura 15 - Contextualização dos modelos de gestão.	97
Figura 16 - Os principais conceitos de manufatura ágil.....	123
Figura 17 – Ponto de desacoplamento.	125
Figura 18 - Utilização do cartão POLCA.....	127
Figura 19 - Classificação das linhas segundo o número de modelos.	129
Figura 20 – Layout serial (1) e Layout em “U” (2).....	134
Figura 21 - Linhas paralelas (1), Estações paralelas (2), e Tarefas paralelas (3).	135
Figura 22 - Linha de montagem de dois lados.	136
Figura 23 – Condução do estudo de caso.	140
Figura 24 – Relação entre as variáveis e as estratégias.	161
Figura 25 – Gráfico de classificação das linhas de montagem.....	167
Figura 26 – Resultados para a linha C2.	168
Figura 27 – Gráfico do índice de automatização das linhas.	170
Figura 28 – <i>Throughput</i> das linhas de montagem.....	171
Figura 29 – Índices de rotatividade e absenteísmo das linhas de montagem.	172
Figura 30 – Utilização da capacidade máxima instalada	181
Figura 31 – Proporção de fornecimento de componentes.	185
Figura 32 – Giro de estoque de componentes	185
Figura 33 – Nível de atendimento das linhas.	190
Figura 34 – Giro de estoque acabado.....	190
Figura 35 – Balanceamento da linha A2.....	193
Figura 36 – Gráfico de performance das linhas.	196
Figura 37 – Gráfico do índice de modularidade dos produtos.	208
Figura 38 – Gráfico do ciclo de vida dos produtos.	209

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Listagem dos periódicos utilizados (2005 a 2010).	48
Quadro 2 – Tendências e oportunidade de pesquisa.	57
Quadro 3 – Classificações dos sistemas de produção.	63
Quadro 4 – Classificações dos sistemas de produção.	64
Quadro 5 – Subprioridades competitivas da produção.	77
Quadro 6 – Áreas de decisão na estratégia de produção.	82
Quadro 7 – Áreas de decisão <i>versus</i> prioridades competitivas.	84
Quadro 8 – Relacionamento das áreas de decisão com as linhas de montagem.	86
Quadro 9 – Níveis genéricos de customização em massa.	119
Quadro 10 – Relacionamento das áreas de decisão com as linhas de montagem.	137
Quadro 11 – Itens considerados no estudo de caso.	142
Quadro 12 – Itens considerados no estudo de caso.	145
Quadro 13 – Produtos das linhas da Empresa B.	149
Quadro 14 – Descrição das variáveis das estratégias genéricas.	160
Quadro 15 – Indicadores das variáveis do contexto estratégico.	162
Quadro 16 – Intervalos dos índices de classificação.	164
Quadro 17 – Classificação das linhas de montagem.	169
Quadro 18 – Soluções para automação das linhas de montagem.	173
Quadro 19 – Soluções para dispositivos de identificação do produto.	174
Quadro 20 – Soluções para dispositivos de identificação do produto.	176
Quadro 21 – Estratégia competitiva e nível de especialização da linha.	179
Quadro 22 – Propostas de soluções para a área de Instalações.	180
Quadro 23 – Propostas de solução para a área de Capacidade.	182
Quadro 24 – Propostas de soluções para a área de Integração vertical.	187
Quadro 25 – Política de atendimento das linhas.	188
Quadro 26 – Propostas de soluções para a área de PCP.	194
Quadro 27 – Soluções de layout das linhas.	195
Quadro 28 – Abastecimento de componentes.	198
Quadro 29 – Documento de padrão de trabalho das empresas.	201
Quadro 30 – Propostas de soluções para a área de Organização.	203
Quadro 31 – Propostas de soluções para a área de Recursos humanos.	206
Quadro 32 – Ciclo de vida e processo de desenvolvimento de produtos.	211
Quadro 33 – Propostas de soluções para a área de Novos produtos.	212
Quadro 34 – Propostas de soluções para a área de Qualidade.	215
Quadro 35 – Soluções para dispositivos de identificação do produto.	217
Quadro 36 – Medidas de desempenho sugeridas.	221
Quadro 37 – <i>Framework</i> de propostas de soluções para a organização e configuração das linhas de montagem.	223

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das referências bibliográficas	48
Tabela 2 – Número de artigos por periódico.	49
Tabela 3 – Assuntos dos artigos analisados	50
Tabela 4 – Resumo da abordagem metodológica dos artigos analisados.....	53
Tabela 5 – Lista de empresas e unidades de análise.....	141
Tabela 6 – Lista das visitas e horas dedicadas.	144
Tabela 7 – Agenda das visitas na Empresa A.	147
Tabela 8 – Dados quantitativos da Empresa A.	148
Tabela 9 – Agenda das visitas na Empresa B.....	150
Tabela 10 – Dados quantitativos da Empresa B.....	151
Tabela 11 – Agenda das visitas na Empresa C.....	153
Tabela 12 – Dados quantitativos da Empresa C.....	153
Tabela 13 – Agenda das visitas na Empresa D.	155
Tabela 14 – Dados quantitativos da Empresa D.	156
Tabela 15- Índice de classificação das linhas.....	165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALBP – *Assemble Line Balancing Problem*
AMT – *Advanced Manufacturing Technology*
ATO – *Assemble-to-order*
CAD – *Computer-Aided Design*
CAM – *Computer-Aided Manufacturing*
CD – Centro de Distribuição
CEP – Controle Estatístico do Processo
CIM – *Computer Integrated Manufacturing*
CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CQ – Círculo de Controle da Qualidade
CM – Customização em Massa
CNC – Controle Numérico por Computador
CONWIP – *Constant Work-in-process*
CRP – *Capacity Requirements Planning*
DEA – *Development Envelopment Analysis*
EDI – *Electronic Data Interchange*
EMS – *Enterprise Manufacturing System*
EPI – Equipamento de Proteção Individual
ERP – *Enterprise Resource Planning*
ETO – *Engineer-to-order*
EUA – Estados Unidos da América
FI – Fator de Impacto
FIT – Folha de Instrução de Trabalho
FMS – *Flexible Manufacturing Systems*
GM – *General Motors*
JIT – *Just in time*
LAP – Laboratório de Análise de Produtos
MA – Manufatura Ágil
ME – Manufatura Enxuta
MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*
MPT – Manutenção Produtiva Total
MRP – *Material Requirements Planning*
MTM – *Methods Time Measurement*
MTS – *Make-to-stock*
MTO – *Make-to-order*
NP – *Non Parametric*
NUMMI – *New United Motor Manufacturing Inc.*
OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PCP – Planejamento e Controle da Produção
PEP - *Produktentstehungsprozess*
POLCA – *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*
PP - Polipropileno
QRM – *Quick Response Manufacturing*
RBV – *Resource Based View*
REBA - *Rapid Entire Body Assessment*
RFID – *Radio Frequency Identification*
RULA – *Rapid Upper Limb Assesment*
SAP - *Systems, Applications, and Products in Data Processing*
SIPAT – Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho
SKU – *Stock Keeping Unit*
SMED – *Single Minute Exchange of Dies*
STP – Sistema Toyota de Produção
TBC – *Time Based Competition*
TRF – Troca Rápida de Ferramentas
TOP – Time Orientado a Produção
WCM – *World Class Manufacturing*
WIP – *Work-in-process*

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	47
1 INTRODUÇÃO.....	27
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	27
1.2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA	33
1.3 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	35
1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	36
1.4.1 Natureza da pesquisa.....	36
1.4.2 Forma de abordagem do problema	36
1.4.3 Métodos de procedimento de pesquisa.....	38
1.4.3.1 Pesquisa bibliográfica	38
1.4.3.2 Estudo de caso	39
1.6 VARIÁVEIS DE PESQUISA.....	40
1.7 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	42
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	42
2 PESQUISA EM LINHAS DE MONTAGEM.....	45
2.1 MÉTODO PARA A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	45
2.2 TENDÊNCIAS DE PESQUISA EM LINHAS DE MONTAGEM	50
2.3 LACUNAS DE PESQUISA EM LINHAS DE MONTAGEM	53
2.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	57
3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO E ESTRATÉGIA EMPRESARIAL	59
3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	59
3.1.1 Classificações dos sistemas de produção	61
3.1.2 Evolução dos sistemas de produção.....	66
3.2 ESTRATÉGIA EMPRESARIAL	67
3.2.1 Visão Baseada nos Recursos (RBV).....	68
3.2.2 Visão tradicional de planejamento estratégico (top-down)	72
3.2.3 Estratégia competitiva (ou do negócio)	73
3.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	83

4 MODELOS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO E LINHAS DE MONTAGEM.....	88
4.1 EVOLUÇÃO DOS REQUISITOS DO MERCADO E AS PRIORIDADES ESTRATÉGICAS.....	88
4.2 MODELOS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO	92
4.2.1 Produção artesanal a produção em massa.....	96
4.2.2 Sistema Toyota de Produção e Manufatura Enxuta	104
4.2.3 Customização em Massa e Manufatura Ágil	118
4.2.4 <i>Quick Response Manufacturing (QRM)</i>	126
4.3 CONFIGURAÇÕES DAS LINHAS DE MONTAGEM.....	128
4.3.1 Número de Modelos - Instalações.....	128
4.3.2 Controle do ritmo da linha – Instalações	130
4.3.3 Nível de automação – Instalações	132
4.3.4 Layout – Organização	133
4.3.5 <i>Radio Frequency Identification (RFID)</i> – Tecnologia.....	136
4.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	137
5 ESTUDO DE MULTIPLOS CASOS	140
5.1 PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS	140
5.2 TESTE PILOTO	143
5.3 COLETA DOS DADOS.....	144
5.3.1 Empresa A	146
5.3.2 Empresa B	149
5.3.3 Empresa C	153
5.3.4 Empresa D	154
5.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	158
6 ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	159
6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS LINHAS DE MONTAGEM	159
6.2 TECNOLOGIA	169
6.3 INSTALAÇÕES	177
6.4 CAPACIDADE	180

6.5 INTEGRAÇÃO VERTICAL.....	182
6.6 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	187
6.7 ORGANIZAÇÃO.....	194
6.8 RECURSOS HUMANOS.....	203
6.9 NOVOS PRODUTOS.....	206
6.10 QUALIDADE.....	212
6.11 MEDIDAS DE DESEMPENHO	215
6.12 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	221
7 CONCLUSÕES	227
REFERÊNCIAS	234
APÊNDICE A – Questionário de pesquisa	263
APÊNDICE B – Carta de Apresentação à empresa.....	270
APÊNDICE C – Protocolo de pesquisa	271
APÊNDICE D –Aplicação do questionário na Empresa A.....	274
APÊNDICE E – Aplicação do questionário na Empresa B	286
APÊNDICE F –Aplicação do questionário na Empresa C	295
APÊNDICE G –Aplicação do questionário na Empresa D	301

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As linhas de montagem são sistemas de produção orientados para o fluxo que originalmente foram desenvolvidos para a produção industrial de grandes quantidades de produtos padronizados e vem ganhando importância para a produção de pequenos volumes de produtos customizados (BECKER e SCHOLL, 2006; SCHOLL e BECKER, 2006; SCHOLL, FLIEDNER e BOYSEN, 2010).

A linha de montagem pode ser definida como uma série de estações de trabalho de montagem manuais ou automatizadas pelas quais um ou múltiplos produto(s) são montados sequencialmente (CARNAHAN, NORMAN e REDFERN, 2001). O produto montado é transportado sucessivamente por cada estação através de algum dispositivo de transporte específico, como por exemplo, esteiras rolantes (BECKER e SCHOLL, 2006; SCHOLL e BECKER, 2006; BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2007; 2008).

De acordo com Salverson (1955) e Wild (1972), a primeira linha de montagem foi introduzida por Eli Whitney durante a revolução francesa para produção de espingardas. Porém este tipo de sistema produtivo foi popularizado por Henry Ford em 1913, quando desenvolveu a primeira linha de montagem com acionamento mecânico para a produção do automóvel Ford Modelo T (DUGUAY, LANDRY e PASIN, 1997; AMEN, 2001; KLAMPFL, GUSIKHIN e ROSSI, 2005; BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2008).

Através desta nova concepção de sistema produtivo, Ford obteve ganhos significativos em termos de produtividade e redução de custos, aspectos fundamentais para atender o modelo de consumo existente na época, baseado na comercialização de produtos de baixo preço e com pouca variedade (HOUNSHELL, 1984). Nasce então o conceito de produção e consumo em massa, marco da segunda revolução industrial (PIORE e SABEL, 1984).

A base conceitual para a força de trabalho da linha de montagem desenvolvida por Henry Ford fez uso dos Princípios de Administração Científica (TAYLOR, 1911) propostos por Frederic Taylor (AMEN, 2001). Este recomendava que as tarefas a serem executadas no trabalho fossem divididas em operações simples e repetitivas. Dessa forma, o nível de qualificação exigido para a mão de obra era baixo, pois facultava ao operador a necessidade de conhecimentos diferenciados para exercer suas funções (MORGAN, 1986). Tais características

permitiram o uso extensivo de pessoas nas linhas de montagem, que eram constituídas de milhares de operadores executando operações curtas.

Estas características do modelo de linha de montagem adotado por Henry Ford requeriam rigidez e estabilidade no processo, o que inviabilizava a produção de itens diferenciados, exigindo alto grau de padronização do projeto do produto (SELLADURAI, 2004). Daí vem a máxima atribuída a Ford: “Você pode ter qualquer cor de carro, desde que seja preto” (ALIZON, SHOOTER e SIMPSON, 2009). Esta frase, muito conhecida, não se restringia apenas ao atributo “cor”, mas poderia ser generalizada para todo o projeto do Modelo T, extremamente padronizado, a fim de tornar viável a produção em escala nas linhas de montagem. Na época, os aspectos produtividade e custo de produção eram privilegiados em detrimento à variedade de produtos, aspecto até então pouco valorizado pelo mercado.

A partir da linha de montagem desenvolvida por Ford, e seu indiscutível sucesso na sociedade capitalista de consumo massivo até meados do século XX, as linhas de montagem foram amplamente adotadas para os bens duráveis complexos, inicialmente na indústria automobilística e produtos elétricos, e posteriormente na indústria de produtos eletrônicos (PIORE e SABEL, 1984). Assim a produção em massa ajudou a reduzir custos em muitos tipos de indústria por um longo período (JIN e WU, 2003).

Contudo, o aumento do tamanho das linhas de montagem e da redução dos ritmos de trabalho como forma de aumento da produtividade tinha suas limitações. Desenvolvido com base na força de trabalho de milhares de operadores pouco qualificados e da imigração estrangeira, o modelo fordista de linha de montagem viu seu declínio a partir do final dos anos 60 e início da década de 70, período que foi chamado de “crise do processo de trabalho” nos países ocidentais (BOWRING, 2002). Este se deu, por um lado, pela limitação em aumentar a produção e reduzir custos via subdivisão de tarefas e, por outro, devido à postura da classe operária em não aceitar mais as condições de trabalho a eles imposta.

O descontentamento da classe trabalhadora também afetou o comportamento dos operários em suas atividades na linha de montagem, tornando-os inquietos e instáveis, o que prejudicou diretamente o desempenho da produção. Desmotivados, faltavam frequentemente, aumentando o índice de absenteísmo. Outro ponto afetado foi a qualidade da produção. Aumentou o índice de retrabalho, e houve diversos relatos de sabotagem, nos quais operários prejudicavam

intencionalmente a produção como, por exemplo, com riscos na pintura e cortes nos estofamentos (MORAES NETO, 1998).

Em suma, o modelo de linha de montagem idealizado por Ford, e responsável por ganhos significativos em produtividade e redução de custos no início do século XX, via seu declínio cinquenta anos depois. Isto ocorreu devido tanto à manutenção da produtividade e custo das linhas, como das mudanças sociais e econômicas da época, e consequente transformação do pensamento do trabalhador com relação à forma de encarar o trabalho e a vida, o que tornou inviável a manutenção dos ganhos obtidos.

Em contrapartida, decaíram os índices de produtividade e qualidade, aumentando os custos produtivos. Como consequência aumentou a insatisfação dos clientes e perdeu-se mercado frente aos concorrentes, principalmente para as empresas orientais. Estas se destacavam por desenvolver uma concepção de sistema produtivo superior à produção em massa, que utilizava a capacidade intelectual dos colaboradores da empresa e, com isso, ganhar em qualidade, custo, e redução dos ciclos de comercialização (MARTIN, MITCHELL e SWAMINATHAN, 1994).

Dentre as principais montadoras orientais que surgiram como potência, a partir da década de 1950, destaca-se a japonesa *Toyota Motors Company*, que conseguiu obter níveis superiores de desempenho, oferecendo automóveis diferenciados, com qualidade e a preços competitivos. Esse sucesso é atribuído a Tahiiichi Ohno, que desenvolveu uma nova forma de organizar o processo produtivo, conhecida como Sistema Toyota de Produção – STP (MONDEN, 1983).

Ohno desenvolveu o STP após a segunda guerra, quando recebeu do então dono da Toyota, Eiji Toyoda, a incumbência de alcançar os ocidentais em níveis de produção de automóveis. Neste período, a empresa passava por dificuldades financeiras advindas da guerra, assim como o mercado consumidor retraído do país. Por isso ele deveria pensar uma nova forma de produzir em escala, mas com poucos recursos (WOMACK, JONES, ROOS, 1990).

Após conhecer as montadoras de automóveis no ocidente, baseadas no conceito fordista de produção em massa, Ohno constatou grande quantidade de desperdícios em termos de esforços, materiais e tempo. Ele ficou impressionado com a quantidade, e desorganização dos estoques de peças e componentes ao longo da linha de montagem, em consequência dos grandes lotes de produção dos setores; a quantidade de pessoas alocadas, e desmotivadas, para manter a linha funcionando, como: operadores executando tarefas simples e repetidas, mecânicos,

faxineiros, curingas, inspetores, etc.; e, a quantidade de problemas de qualidade ao longo da linha de montagem e automóveis destinados ao setor de retrabalho (OHNO, 1988).

Ohno procurou, ao desenvolver o STP, reduzir os desperdícios no sistema produtivo, aproveitando ao máximo todos os recursos para produzir a coisa certa, da maneira correta, na quantidade necessária e no momento que fosse solicitado, a este princípio deu o nome de *Just in time* (MONDEN, 1983). As máquinas e equipamentos utilizados nos setores e linha de montagem da Toyota eram mais simples e menos automatizados que os utilizados nas montadoras ocidentais. Dessa maneira não permitiam os mesmos níveis em escala de produção, mas, em contra partida, permitiam maior flexibilidade no sistema produtivo, viabilizando a produção em pequenos lotes de itens variados. O que, do ponto de vista do processo, levava a menores quantidades de estoques e permitia rápida resposta às mudanças de demanda. Do ponto de vista de mercado, esta flexibilidade dos recursos, favoreceu o desenvolvimento de produtos diferenciados, o que estrategicamente foi fundamental para a competitividade da empresa.

Nas linhas de montagem da Toyota, os operadores não se limitavam a cumprir tarefas simples e repetidas, mas participavam do processo produtivo, realizando diversas operações que exigiam habilidades variadas e envolvimento pró-ativo. Para que isto fosse possível, eram utilizados dispositivos nas máquinas, *poka-yokes*, que garantissem cem por cento de qualidade, liberando as pessoas para executar outras funções. A esse princípio deu-se o nome de autonomia, e juntamente com o *Just in time* constituíram a base do Sistema Toyota de Produção idealizado por Taiichi Ohno. Para garantir a qualidade dos automóveis os montadores tinham autonomia de interromper a linha caso algum problema ocorresse. Dessa forma, chamava-se a atenção para o problema e todos eram envolvidos na solução do mesmo, a fim de que este não voltasse a ocorrer (OHNO, 1988).

Esta nova forma de pensar a produção e o sistema produtivo e as linhas de montagem trouxe resultados significativos para as empresas orientais, que expandiram seus mercados, através da oferta de automóveis de qualidade, diferenciados, e com preços competitivos. O que chamou a atenção dos ocidentais para tentar entender como os japoneses obtiveram tal êxito em sua forma de produzir (WOMACK, JONES e ROOS, 1990).

A partir de então o método Taylor-Ford de produção, com a utilização de linhas de produção em massa, perdeu espaço para aos

operadores multifuncionais, times de trabalho autogerenciados, e integração entre as atividades, utilizados para potencializar a melhoria contínua no chão de fábrica. O sistema produtivo contava ainda com a integração de pesquisa e desenvolvimento e as funções de manufatura e um relacionamento de longo prazo com fornecedores e distribuidores (MARTIN, MITCHELL e SWAMINATHAN, 1994).

As ideias do STP foram popularizadas através do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK, JONES e ROOS, 1990). Esta publicação fez conhecer a pesquisa de benchmarking realizada pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) comparando o desempenho das principais montadoras existentes. Nesta pesquisa fica constatada a ampla vantagem competitiva das montadoras orientais frente às concorrentes ocidentais, e traz uma análise das diferenças entre as duas estratégias de produção, principalmente em termos de administração da fábrica, desenvolvimento de novos produtos, e relacionamento com fornecedores e consumidores. Os autores atribuíram tal vantagem ao fato de que os orientais conseguiam fazer mais com menos, e denominaram *Lean Manufacturing* – Manufatura, ou Produção, Enxuta - este modelo de gestão da produção.

A Manufatura Enxuta promoveu a evolução para as configurações das linhas de montagem e sua utilização. Desde então, empresas de diversos ramos de atividade e países vêm adotando o modelo de Manufatura Enxuta, e adaptando as práticas e conceitos para suas realidades, a fim de produzir de acordo com a necessidade dos clientes de maneira mais rápida, com menor custo, e maior qualidade.

Atualmente, os consumidores desenvolveram gostos e preferências diferenciados, aliados às constantes e rápidas evoluções em termos de conceitos, tecnologia, moda, entre outros. Isso faz com que as empresas de determinados segmentos busquem, além de preço e qualidade, a competição baseadas em flexibilidade, variedade, rapidez e confiabilidade de entrega dentro de suas estratégias (PAIVA, CARVALHO e FENSTERSEIFER, 2004). De acordo com Gaither e Frazier (1999), empresas competitivas são as que oferecem os seus produtos com o maior valor agregado pelo menor custo e com o menor tempo de resposta. Para isto, não basta que as empresas produzam com alta qualidade e baixo custo, mas também precisam ser as primeiras a levar os produtos e serviços aos clientes.

Por esse motivo, a partir da década de 1990, e até os dias de hoje, surgiram outros modelos de gestão da produção voltados, principalmente, para o atendimento das necessidades exatas dos consumidores, através da oferta de maior variedade e customização de

produtos, que devem ser desenvolvidos, produzidos e entregues rapidamente. Pode-se citar como exemplos destes modelos: a Customização em Massa (CM); a Manufatura Ágil (MA); e o *Quick Response Manufacturing* (QRM).

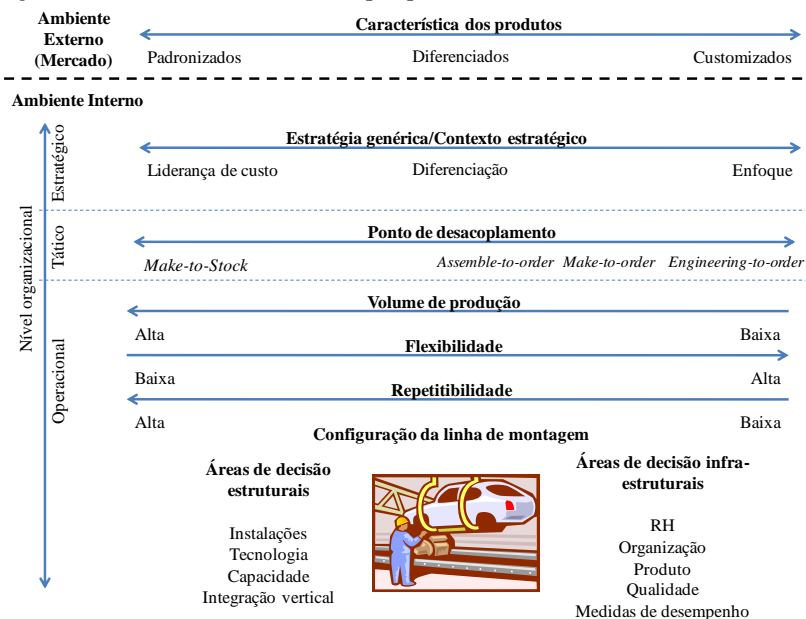
Este ambiente de mercado aliado à crescente competitividade faz com que as empresas de manufatura aperfeiçoem efetivamente seus sistemas produtivos no menor tempo possível (ZACHARIA e NEARCHOU, 2010). Estes sistemas devem ser capazes de: i) produzir rapidamente novos modelos de produtos; ii) ajustar rapidamente as capacidades; iii) integrar tecnologia no processo; e iv) produzir grande variedade de produtos em quantidades imprevisíveis (TASAN e TUNALI, 2008). As empresas precisam expandir os limites de seus produtos para atender às expectativas dos clientes por um alto grau de customização, além de manter altos níveis de qualidade a um baixo custo (SIMARIA e VILARINHO, 2004), o que torna o projeto de uma linha de montagem eficiente um aspecto de considerável importância para a indústria (BAUDIN, 2002).

A fabricação de produtos discretos está associada às linhas de montagem. A eficácia das linhas de montagem no passado era obtida exclusivamente com base no grande volume e pouca variação, a chamada produção em massa. Porém, as mudanças no mundo dos negócios, onde a demanda é direcionada pelo consumidor, tem motivado as empresas a implementar sistemas de manufatura baseados em montagem para a produção sob encomenda e produção em lote, a fim de criar maior variedade de produtos (UDDIN, SOTO e LASTRA, 2010).

Neste contexto, é possível afirmar que o ambiente externo de mercado exerce forte influencia no ambiente interno das empresas, desde o nível estratégico - onde a empresa define em que mercado irá competir e como irá acionar o sistema produtivo escolhido para atender seus clientes; até os níveis tático e operacional – onde a empresa opera seu sistema produtivo para atender ao mercado escolhido, conforme ilustra a Figura 1.

Nos níveis tático e operacional, as características demandadas do sistema produtivo, como volume de produção, flexibilidade/variedade, e repetitibilidade de produção exigem que as linhas de montagem estejam configuradas para atender às características requisitadas em seus múltiplos aspectos. Neste sentido, as áreas de decisão (estruturais e infraestruturais) identificadas por Hayes, Wheelwright e Clark (1988) para as estratégias de produção das empresas fornecem uma ampla base de estudo para a configuração das linhas de uma forma completa, o que será desenvolvido e apresentado no conteúdo deste trabalho.

Figura 1 – Contexto do ambiente de pesquisa.



Fonte: desenvolvido pelo autor

1.2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo Cauchick *et al.* (2010) a partir das primeiras ideias e da consulta à literatura, a “inquietação” se torna um problema de pesquisa. Para Lakatos e Marconi (1995) “o problema é uma dificuldade, teórica ou prática, no conhecimento de alguma coisa de real importância, para a qual se deve encontrar uma solução”. Portanto, para se chegar ao problema de pesquisa que justificasse uma investigação mais aprofundada, foi realizada uma revisão sistemática da principal literatura sobre o tema, que será mais bem detalhada no Capítulo 2. Através desta revisão foi possível identificar algumas tendências de pesquisa e lacunas sobre o tema.

Como principal justificativa para a presente pesquisa pode-se atribuir à escassez de trabalhos que abordem a linha de montagem de uma maneira ampla, considerando problemas reais em seus múltiplos aspectos e configurações, e relacionadas às estratégias de atuação das empresas no mercado. Com base na breve contextualização e na revisão da literatura sobre pesquisas em linhas de montagem (Capítulo 2), é

possível concluir que as linhas de montagem têm características de conhecimentos multidisciplinares que devem ser consideradas na sua configuração, envolvendo aspectos que vão desde o desenvolvimento de produtos, pessoas, tecnologias, layout, logística e abastecimento, e etc.

Além disso, as mudanças sociais e econômicas, do tipo de mercado, e cenário competitivo em que as empresas atuam são fatores que influenciam nas estratégias de produção destas, o que interfere diretamente no projeto, configuração e desempenho das linhas de montagem. Portanto, acredita-se que seja importante, em termos práticos e teóricos, o desenvolvimento de pesquisas que relacionem as estratégias de produção adotadas com as possíveis configurações mais adequadas, a fim de se obter um bom desempenho nas linhas.

Por outro lado, analisando-se as publicações mais citadas no tema de linha de montagem – apresentadas no Capítulo 2, não foi possível encontrar pesquisas com este tipo de abordagem. O foco das pesquisas no tema está voltado para o balanceamento de linha através do desenvolvimento de modelagem matemática e simulação. Estas pesquisas abordam, em pouco número e de forma isolada, diferentes aspectos da linha, como layout, pessoas, programação, etc., sem considerar a linha de uma forma mais ampla onde as alternativas afetam diretamente umas as outras, evidenciando assim uma lacuna de pesquisa.

Além disso, estes modelos desenvolvidos são testados, salvo poucas exceções, através de experimentos computacionais, onde são comparados com modelos teóricos desenvolvidos previamente para problemas semelhantes, a fim de testar sua eficiência e desempenho, em termos de resultado obtido, tempo de resposta, e capacidade de solução. Poucas soluções obtidas são realmente aplicadas e testadas em casos reais, o que leva a crer que o foco deste tipo de pesquisa está no desenvolvimento e melhoramento do modelo em si, e não na discussão e desenvolvimento de teoria voltada o bom desempenho das linhas e os problemas reais existentes, o que aumenta a distância entre a pesquisa acadêmica e a realidade empresarial.

O reduzido número de artigos cujos autores utilizam abordagem metodológica voltada para o desenvolvimento de teoria através do empirismo, como estudos de campo, *surveys* empíricas, e estudos de caso, comprova esta carência (lacuna) de pesquisa prática sobre o assunto, a fim de discutir com base em problemas reais a teoria existente, e o desenvolvimento de possíveis teorias através deste tipo de pesquisa.

Por isso, a constatação de que faltam estudos empíricos reais sobre o assunto de linhas de montagem, com pesquisas voltadas para o desenvolvimento de teorias que estejam alinhadas com as necessidades das situações reais e testadas na prática, aliada a ausência de estudos que relacionem as linhas de montagem com as estratégias de atuação das empresas e o mercado, direcionam o presente trabalho, e caracterizam sua importância e originalidade. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo responder à seguinte questão de pesquisa: “Como devem ser as soluções de organização e configuração das linhas de montagem para atender às estratégias competitivas das empresas?”

O autor entende que a resposta para esta pergunta irá contribuir para a literatura de engenharia de produção e gestão de operações, e para o tema de linhas de montagem, auxiliando os acadêmicos no estudo mais amplo e completo sobre o tema, e aos práticos que necessitam de direcionamento objetivo para o projeto, implantação, e melhoramento de sistemas de montagem reais.

Devido às características das perguntas de pesquisa, que sugerem um estudo exploratório, não será adotada nenhuma hipótese de pesquisa. Segundo Sampieri *et al.* (2006) apud Cauchick *et al.* (2010) os estudos exploratórios não necessitam de formulação de hipótese, devido à inexistência de conhecimento sobre o problema de pesquisa. O que é coerente com a visão positivista da ciência em que a observação é desprovida de qualquer julgamento. Eisenhart (1989) complementa que a pesquisa de construção de teoria começa o mais próximo possível com o ideal de nenhuma teoria a ser considerada e hipótese a ser testada. Pois as perspectivas teóricas prévias ou proposições podem levar a limitação e indução das conclusões. Então os investigadores devem utilizar a literatura existente para formular o problema de pesquisa e identificar as importantes variáveis, sem, no entanto, considerar relacionamentos prévios entre as variáveis de pesquisa e as teorias.

1.3 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

Para responder à questão de pesquisa formulada, o presente trabalho tem por objetivo geral: “Estabelecer soluções de organização e configuração das linhas de montagem que viabilizem as estratégias competitivas das empresas”. Para atender ao objetivo geral explicitado propõem-se os seguintes objetivos específicos, ou intermediários:

1. Identificar as variáveis relacionadas ao contexto estratégico das empresas, e às configurações das linhas de montagem;
2. Desenvolver um *framework* com as variáveis das configurações de linhas de montagem a serem investigadas;
3. Desenvolver um método para a classificação das linhas de montagem nas estratégias competitivas correspondentes;
4. Investigar o relacionamento entre as variáveis do contexto estratégico e as soluções das linhas de montagem através da análise de situações reais e práticas;
5. Propor um *framework* de alternativas de soluções para a organização e configuração das linhas de montagem relacionadas ao contexto estratégico em que as linhas estão inseridas.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

1.4.1 Natureza da pesquisa

Vergara (2000) define a pesquisa aplicada como sendo fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos ou não. Segundo a definição do autor, este trabalho pode ser considerado como uma pesquisa aplicada, pois busca a geração de conhecimento no tema de configurações de linhas de montagens através da pesquisa empírica, com uma contribuição teórica de refinamento e extensão da teoria.

1.4.2 Forma de abordagem do problema

Conforme será apresentado no Capítulo 2, os principais métodos de pesquisa utilizados para estudo das linhas de montagem têm sido a modelagem matemática e simulação para o balanceamento ou sequenciamento de linha, e o experimento computacional para o teste dos modelos desenvolvidos. Estes métodos caracterizam-se essencialmente por adotar abordagens quantitativas dos problemas de pesquisa, e também por concentrar o foco da análise no poder do modelo desenvolvido que no desempenho das linhas de montagem.

Segundo Berto e Nakano (2000), a modelagem e a simulação recriam artificialmente a realidade mediante dados quantitativos. Cauchick *et al.* (2010) colocam que na modelagem/simulação o pesquisador manipula as variáveis e seus níveis, mas não na realidade. Isto é feito no modelo de pesquisa que é uma abstração da realidade.

Para Minayo e Sanches (1993) na abordagem quantitativa trabalha-se em níveis de realidade, nos quais os dados se apresentam aos sentidos, com o objetivo de trazer à luz indicadores e tendências observáveis. Esta abordagem deve ser utilizada para abarcar, do ponto de vista social, grandes aglomerados de dados, de conjuntos demográficos.

Conforme a revisão da literatura – apresentada no Capítulo 2, a falta de pesquisas que estudam linhas de montagem reais e seus múltiplos aspectos caracteriza uma lacuna de pesquisa no tema. Neste sentido o presente trabalho propõe um estudo mais realista e aprofundado no tema, através do estudo de linhas de montagens reais e respectivas estratégias. Por este motivo uma abordagem qualitativa é a mais indicada para esta pesquisa.

Segundo Minayo e Sanches (1993), a abordagem qualitativa trabalha com valores, crenças, representações, hábitos, atitudes e opiniões, buscando aprofundar a complexidade de fenômenos, fatos e processos particulares e específicos de grupos mais ou menos delimitados em extensão e capazes de serem abrangidos intensamente. Triviños (1987) apresenta cinco características básicas sobre a abordagem qualitativa, que vão de encontro com as necessidades apontadas pela presente pesquisa:

- A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. Ela supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, via de regra, por meio do trabalho intensivo de campo (proximidade com o fenômeno estudado);
- Os dados coletados são predominantemente descritivos. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrições de pessoas, situações, acontecimentos; inclui transcrições de entrevistas e de depoimentos, fotografias, desenhos e extratos de vários tipos de documentos (múltiplas fontes de evidência);
- A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. O interesse do pesquisador ao estudar um determinado

problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas;

- O “significado” que as pessoas dão às coisas e à sua vida é foco de atenção especial pelo pesquisador. Nesses estudos há sempre uma tentativa de capturar a “perspectiva dos participantes”, isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas;
- A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos. As abstrações se formam ou se consolidam basicamente a partir da inspeção dos dados, num processo de baixo para cima.

Apesar de a abordagem qualitativa ser a mais adequada para o desenvolvimento da presente pesquisa, não foram descartadas técnicas quantitativas simples, como estatística e correlação entre variáveis. A combinação alternada ou simultânea das abordagens qualitativa e quantitativa é denominada de triangulação, e sua utilização é desejável para minimizar a subjetividade (abordagem qualitativa) e aproximar o pesquisador do objeto de estudo (abordagem quantitativa), proporcionando maior confiabilidade aos dados (GODOY, 2005; HAYATI; KARAMI; SLEE, 2006; PATTON, 2002). Por esse motivo, neste trabalho será adotada predominantemente a abordagem qualitativa, porém será utilizada a triangulação nas análises dos dados.

1.4.3 Métodos de procedimento de pesquisa

Os métodos de procedimento de pesquisa constituem etapas mais concretas da investigação, com finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos. Pressupõe uma atitude concreta em relação ao fenômeno e estão limitadas a um domínio particular (LAKATOS e MARCONI, 1995). Para a execução desta pesquisa propõe-se a aplicação de dois tipos de métodos de procedimento (GIL, 1999): a pesquisa bibliográfica, e o estudo de caso; que serão detalhados a seguir.

1.4.3.1 Pesquisa bibliográfica

Segundo Gil (1999) a pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet. Cervo

e Bervian (1983) explicitam que este tipo de pesquisa pode ser utilizado para recolher informações e conhecimentos prévios acerca de um problema para o qual se procura resposta.

Para o presente trabalho o método de pesquisa bibliográfica foi utilizado para: identificar as tendências e lacunas no tema de linha de montagem a fim de justificar a presente pesquisa (Capítulo 2); identificar as variáveis relacionadas ao contexto estratégico das empresas, e às configurações das linhas de montagem (Capítulo 3); e para propor um *framework* com as variáveis das configurações de linhas de montagem a serem investigadas (Capítulo 4), que correspondem aos objetivos específicos 1 e 2, apresentados no item 1.3 – Objetivos geral e específicos.

1.4.3.2 Estudo de caso

Segundo Gil (1999) “o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir conhecimentos amplos e detalhados do mesmo, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados”. Este método permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real (YIN, 2002). Cauchick *et al.* (2010) enfatizam que “o estudo de caso é um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise (casos). Essa análise possibilita amplo e detalhado conhecimento sobre o fenômeno, permitindo inclusive a geração de teoria”. Por sua vez, os autores Bruyne, Herman e Schoutheete (1977) afirmam que o estudo de caso justifica sua importância por reunir informações numerosas e detalhadas com vista em aprender a totalidade de uma situação. A riqueza das informações detalhadas auxilia em um maior conhecimento e numa possível resolução de problemas relacionados ao assunto estudado.

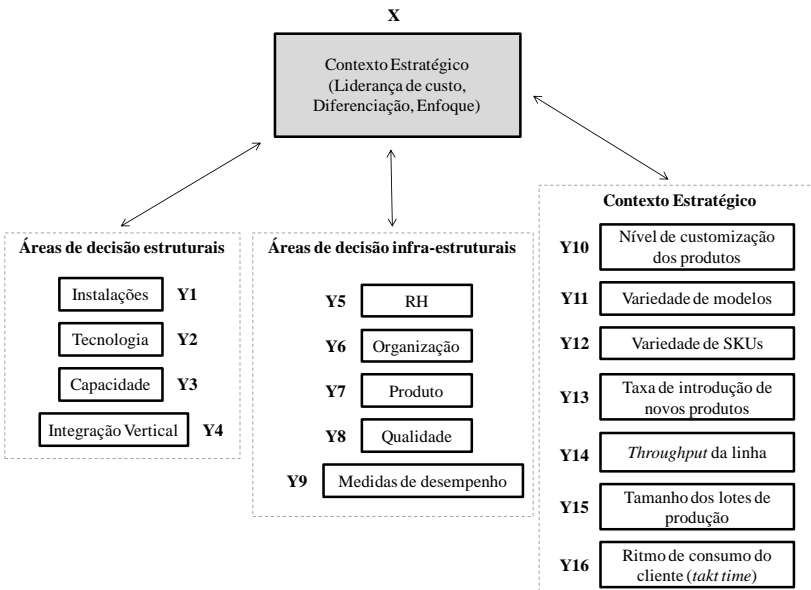
Com base nas afirmações dos autores citados, o método de estudo de caso (ou múltiplos casos) é adotado e aplicado a fim de extrair, de casos reais de linha de montagem, as informações necessárias para responder à questão de pesquisa estabelecida. Através da aplicação deste método de procedimento, apresentado nos Capítulos 5 e 6, foi desenvolvido um método para a classificação das linhas de montagem nas estratégias competitivas, e também investigado o relacionamento entre as variáveis do contexto estratégico e as configurações das linhas de montagem (*framework*) através da análise de situações reais práticas,

o que permite o atendimento aos objetivos específicos de números três, quatro e cinco do presente trabalho.

1.6 VARIÁVEIS DE PESQUISA

Através da pesquisa bibliográfica (Capítulos 3 e 4) foram identificadas as variáveis estudadas para responder às questões de pesquisa formuladas. Elas dividem-se em variáveis dependentes e independentes, e estão relacionadas na Figura 2.

Figura 2 – Variáveis de pesquisa.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Variável independente (x) é aquela que influencia, determina ou afeta outra variável; é fator determinante. Representa uma condição ou causa para determinado resultado, efeito ou consequência; é o fator manipulado (geralmente) pelo investigador, na sua tentativa de assegurar a relação do fator com um fenômeno observado ou a ser descoberto, para ver que influência exerce sobre um possível resultado (LAKATOS e MARCONI, 1995). Como variável independente da presente pesquisa foi definido o contexto estratégico (ou estratégias genéricas, ou ainda estratégias competitivas), que foi proposto por

Porter (1985), e divide-se em: Liderança de custo, Diferenciação, ou Enfoque. A partir da classificação desta variável dentro das empresas serão analisadas as variáveis de configurações das linhas de montagem a fim de verificar se existe o relacionamento, e, se existir, como ele acontece.

A variável dependente (y) consiste naqueles valores (fenômenos, fatores) a serem explicados ou descobertos, em virtude de serem influenciados, determinados ou afetados pela variável independente; é o fator que aparece, desaparece ou varia à medida que o investigador introduz, retira ou modifica a variável independente; a propriedade ou fator que é efeito, resultado, consequência ou resposta a algo que foi manipulado (variável independente). A variável independente é o antecedente e a variável dependente é o consequente (LAKATOS e MARCONI, 1995).

As variáveis dependentes se dividem em variáveis de configurações de linha de montagem dentro das áreas estruturais e infraestruturais, e variáveis do contexto estratégico. As variáveis de configurações de linha de montagem dizem respeito às áreas de decisão da Estratégia de Produção propostas por Hayes, Wheelwright e Clark (1988), e são: instalações, tecnologia, capacidade, integração vertical, RH, organização, produto, qualidade, e medidas de desempenho.

As variáveis que irão identificar o contexto estratégico das empresas foram definidas com base no trabalho de Souza e Voss (2001), com algumas adaptações para o contexto das linhas de montagem, e são: nível de customização dos produtos, variedade de modelos, variedade de SKUs¹, taxa de introdução de novos produtos, *throughput* da linha, tamanho dos lotes de produção, e ritmo de consumo do cliente (*takt-time*). Estas variáveis são classificadas como dependentes do contexto estratégico e, através de suas análises as empresas serão classificadas. Assim, se a empresa adota lotes de produção elevados, por exemplo, a variável “tamanho dos lotes de produção” assumirá valores elevados, levando a crer que a empresa se enquadra na estratégia de Liderança de custo. Por outro lado se a empresa pratica lotes unitários de produção, pode ser que trabalhe com produtos mais customizados, dentro da estratégia de enfoque, por exemplo.

¹ *Stock Keeping Unit*.

1.7 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Segundo Vergara (2000) a delimitação do estudo refere-se à moldura que o autor coloca em seu estudo. É o momento em que se explicita o que fica dentro do estudo e o que fica fora. Já que a realidade é extremamente complexa, cuida-se apenas de parte dessa realidade. Como delimitações da presente pesquisa têm-se:

- O contexto do ambiente (social, econômico, tecnológico, organizacional, trabalhista, etc.) em que se inserem os objetos de estudo (linhas de montagem). Por exemplo, questões salariais de mão de obra, ou disponibilidade e custo de tecnologia disponível em determinada região podem influenciar diretamente nos resultados da pesquisa, contudo estes aspectos não serão explorados dada a infinidade de possibilidades de realidades nas diferentes empresas, regiões, cidades, países, etc.;
- O contexto estratégico das empresas será limitado à análise das três variáveis identificadas: i) liderança de custo, ii) diferenciação, e iii) enfoque, não se levando em conta outros aspectos ligados à estratégia empresarial;
- A caracterização das linhas de montagem serão limitadas às variáveis das áreas de decisão identificadas, a saber: i) estruturais (capacidade, instalações, tecnologia, integração vertical); e ii) infraestruturais (recursos humanos, qualidade, planejamento e controle da produção (PCP), organização, novos produtos, e medida de desempenho);
- Em se tratando de uma primeira e ampla abordagem sobre o tema, serão abordados apenas os principais aspectos dentro de cada área de decisão, não sendo possível um maior aprofundamento em cada área devido à generalidade da presente pesquisa;
- Esta pesquisa de abordagem qualitativa estuda em profundidade vinte e três unidades de análise, o que limita as análises e resultados aos casos estudados, porém com potencial para generalizações.

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. O presente capítulo de introdução apresenta uma breve contextualização da pesquisa, bem como a sua justificativa, problemática, questões, e objetivos (geral e específicos). Além disso, são detalhadas as questões

metodológicas como natureza, abordagem, procedimentos, e variáveis de pesquisa, bem como as delimitações para este estudo.

No Capítulo 2 é apresentada a revisão da literatura sobre a pesquisa em linhas de montagem que embasou a justificativa, importância e ineditismo desta pesquisa. Neste constam o método de levantamento bibliográfico, bem como as tendências e lacunas identificadas sobre o tema.

No Capítulo 3, são apresentados os conceitos, definições, e diferentes classificações dos sistemas de produção. Também é apresentada uma breve evolução dos sistemas de produção ao longo do tempo, com o objetivo de atender às prioridades competitivas estabelecidas pelo mercado. Por esse motivo é feita uma revisão sobre estratégia empresarial, focando-se na visão tradicional *top-down* e seu desdobramento nos níveis (corporativo, competitivo, e funcional de produção). Neste capítulo são detalhadas as estratégias genéricas (ou contexto estratégico), e as áreas de decisão (estruturais e infraestruturais), dentro da estratégia de produção, que fornecem a base teórica para a consecução da pesquisa.

O Capítulo 4 versa sobre os modelos de gestão da produção e as linhas de montagem. Inicialmente é apresentada uma evolução histórica dos requisitos do mercado ao longo do tempo e o impacto desta para as prioridades estratégicas (ou competitivas) das empresas. Em seguida, são apresentados os modelos de gestão da produção, desenvolvidos ou propostos, para melhor atender às prioridades competitivas dentro das estratégias de produção. A abordagem destes modelos é centrada na linha de montagem, discorrendo sobre sua origem, e evolução de suas configurações. Também são detalhadas configurações possíveis das linhas de montagem, com base na literatura específica sobre o tema. Por fim, é apresentado um *framework* que relaciona as áreas de decisão da estratégia de produção com as possíveis configurações de linha de montagem. Este *framework* servirá de base para a próxima etapa, referente à aplicação prática do trabalho.

No Capítulo 5 é apresentado o estudo de múltiplos casos, detalhando-se o planejamento dos casos, teste piloto e coleta de dados. Já no Capítulo 6 são desenvolvidas as análises dos dados coletados, a partir das quais são apresentadas as soluções de organização e configurações das linhas para atender ao contexto estratégico das empresas. Por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais da presente pesquisa, evidenciando os atendimentos aos objetivos geral e específicos estabelecidos, e sugerindo oportunidades para

trabalhos futuros com base no conteúdo apresentado na presente pesquisa.

2 PESQUISA EM LINHAS DE MONTAGEM

Neste capítulo é apresentada a revisão da literatura composta pelas publicações em linhas de montagem, desenvolvida com intuito de identificar lacunas e oportunidades de pesquisa no tema. A revisão apresentada serve de base para a elaboração da justificativa, problemática, questão de pesquisa, e objetivos geral e específicos deste trabalho, que foram apresentados no Capítulo 1.

Inicialmente é detalhada a metodologia utilizada para a revisão da literatura (item 2.1), e em seguida são percorridas as análises que foram divididas em tendências (item 2.2) e lacunas de pesquisa (item 2.3). Ao final deste capítulo (item 2.4) são apresentadas as principais conclusões sobre a revisão da literatura que motivou a execução do presente trabalho.

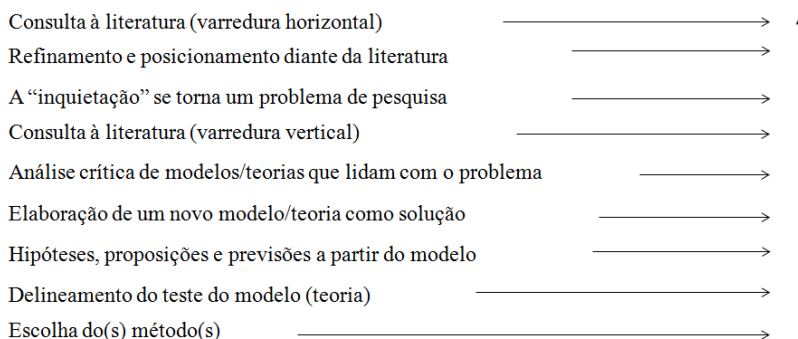
2.1 MÉTODO PARA A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A linha de montagem é um sistema de produção com grande importância dentro da área de engenharia de produção e gestão de operações. A partir de sua popularização com Henry Ford até os dias de hoje, grandes mudanças aconteceram no âmbito empresarial, econômico, e social. Com configurações de características multidisciplinares, compostas de áreas de estudo, como: recursos humanos, planejamento e controle de produção, ergonomia, automação industrial, pesquisa operacional, tecnologia da informação, dentre outras; vêm sofrendo mudanças e ajustes ao longo do tempo, conforme as necessidades do mercado, e os avanços tecnológicos, organizacionais, sociais e etc.

Dada a importância das linhas de montagem na estratégia de produção das empresas, seus aspectos multidisciplinares, e diversidade de possíveis combinações de solução em suas configurações, foi identificada uma necessidade de literatura que tratasse as linhas de montagem de uma forma mais ampla. Esta necessidade surgiu como primeira ideia, ou “inquietação”, conforme ilustra a Figura 3, que representa a visão geral do processo de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações proposta por Cauchick *et al.* (2010).

Figura 3 – Processo de pesquisa na gestão de produção e operações – visão geral.

Primeiras idéias – uma “inquietação”



Fonte: Cauchick *et al.* (2010)

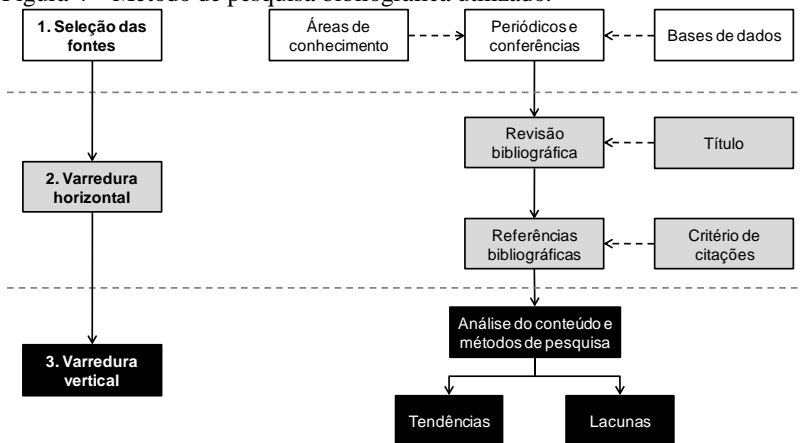
A partir das primeiras ideias de pesquisa recorreu-se a literatura existente para verificar se estas caracterizam um problema de pesquisa atual. O levantamento bibliográfico foi sistematizado através de um método, apresentado na Figura 4, realizado com o objetivo de determinar o estado da arte no tema de linha de montagem, demonstrando o que se sabe, tendências, lacunas existentes, e onde se encontram os principais entraves teóricos ou metodológicos no tema.

O primeiro passo do método diz respeito à seleção das fontes de pesquisa. Neste foram selecionadas as bases de dados Scopus™ e Web of Science®, onde estão indexados os principais periódicos da área de Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Como estas bases abrangem uma ampla diversidade em termos de áreas de conhecimento, para este levantamento foram consideradas as áreas de Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Sociais, Engenharias e Multidisciplinar.

Devido às características multidisciplinares do tema, procurou-se, na varredura horizontal (segundo passo), a identificação de artigos que tivessem como foco principal o tema de linha de montagem. Por esse motivo foi utilizado, como critério de busca, as publicações que continham a palavra-chave “linha de montagem” no título. Nesta primeira varredura foram encontradas 2.384 publicações na base Scopus™, e 1.570 na base Web of Science®. A partir desta grande quantidade de artigos, procurou-se refinar a seleção das publicações identificando artigos que se destacam em termos de embasamento para pesquisas no tema. Para este fim foi utilizado o critério de citações dos artigos. Os parâmetros deste critério foram estabelecidos segundo o

período de publicação dos artigos, com o objetivo de dar maior peso às publicações mais atuais no tema.

Figura 4 – Método de pesquisa bibliográfica utilizado.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Para as publicações anteriores ao ano 2000 foi estabelecido o critério de pelo menos o número de trinta citações em outras publicações, registradas na base de dados correspondente. Desta forma, neste período foram selecionadas apenas as publicações que realmente constituem forte embasamento para outras pesquisas no assunto. Para o período de 2000 a 2004 estabeleceu-se o parâmetro de pelo menos dez citações como critério classificatório. Já no período de 2005 até os dias atuais, devido ao pouco tempo de publicação dos artigos, utilizou-se como critério classificatório o Fator de Impacto (FI) dos últimos cinco anos do periódico no qual o artigo foi publicado.

Este indicador é publicado no periódico *Journal of Citation Reports®*, que avalia a qualidade dos periódicos. Estabeleceu-se para este critério o parâmetro de pelo menos 1 no fator de impacto dos últimos 5 anos, que representa uma boa pontuação (relativa) para o periódico, e conseqüentemente, o artigo tem um bom potencial para ser utilizado em pesquisas posteriores. O Quadro 1 lista os periódicos nos quais foram selecionados os artigos para o período que compreende os anos de 2005 até 2010.

A partir da pesquisa nas bases de dados e critérios citados, foram selecionados 332 artigos. Estes foram exportados para uma ferramenta de gerenciamento de referências bibliográficas, EndNote®, onde foram

excluídas as publicações repetidas, que constavam nas duas bases de dados utilizadas. Na varredura horizontal foram selecionados 226 artigos, sendo que, deste total: 124 (54,9%) foram publicados no período recente, 2005 a 2010; 52 (23,0%) publicados no período de 2000 a 2004; e 50 (22,1%) publicados antes do ano 2000; conforme ilustra a Tabela 1.

Quadro 1 – Listagem dos periódicos utilizados (2005 a 2010).

Nome do periódico	ISSN	Fator de Impacto 5-anos
Expert Systems with Applications	0957-4174	3,162
International Journal of Production Economics	0925-5273	2,736
European Journal of Operational Research	0377-2217	2,599
Computers & Operations Research	0305-0548	2,443
Computers & Industrial Engineering	0360-8352	2,055
Journal of Intelligent Manufacturing	0956-5515	1,406
Applied Mathematical Modelling	0307-904X	1,379
International Journal of Flexible Manufacturing Systems	0920-6299	1,365
International Journal of Production Research	0020-7543	1,363
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	1,313
European Journal of Industrial Engineering	1751-5254	1,104

Fonte: desenvolvido pelo autor

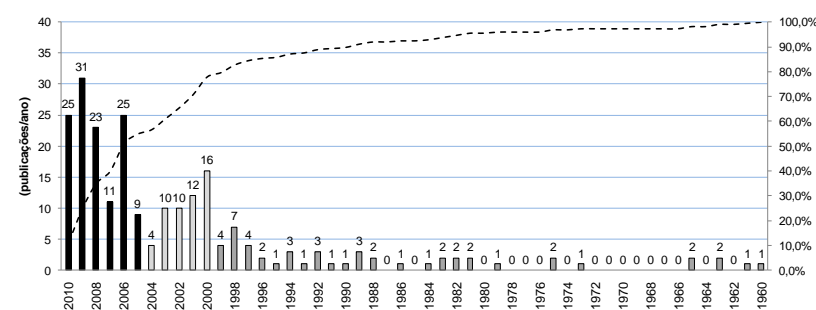
Tabela 1 – Resumo das referências bibliográficas

Período	Critério	Número de publicações	Porcentagem
2010-2005	FI (5 anos) > 1	124	54,9%
2004-2000	> 10 citações	52	23,0%
1960-1999	> 30 citações	50	22,1%
Total de publicações		226	100,0%

Fonte: desenvolvido pelo autor

Sobre o referencial bibliográfico selecionado é possível afirmar que é constituído, em sua maioria, de publicações qualificadas e recentes, e que existe uma boa tendência de crescimento em publicação sobre o tema, conforme pode ser observado na Figura 5 e Tabela 2.

Figura 5 – Gráfico da bibliometria das referências.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Tabela 2 – Número de artigos por periódico.

Fonte	Número de artigos	%	Acumulado
International Journal of Production Research	58	25,7%	25,7%
European Journal of Operational Research	32	14,2%	39,8%
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	31	13,7%	53,5%
Computers & Industrial Engineering	15	6,6%	60,2%
Management Science	11	4,9%	65,0%
International Journal of Production Economics	9	4,0%	69,0%
Journal of Intelligent Manufacturing	9	4,0%	73,0%
Operations Research	8	3,5%	76,5%
IIE Transactions	8	3,5%	80,1%
Expert Systems with Applications	6	2,7%	82,7%
Production Planning & Control	6	2,7%	85,4%
Computers & Operations Research	4	1,8%	87,2%
European Journal of Industrial Engineering	2	0,9%	88,1%
Ieee Transactions on Robotics and Automation	2	0,9%	88,9%
International Journal of Flexible Manufacturing Systems	2	0,9%	89,8%
Journal of Heuristics	2	0,9%	90,7%
Journal of Industrial Engineering	2	0,9%	91,6%
Journal of the Operational Research Society	2	0,9%	92,5%
Production and Operations Management	2	0,9%	93,4%
IEEE International Conference on Robotics and Automation	1	0,4%	93,8%
Annals of Operations Research	1	0,4%	94,2%
Annual Reviews in Control	1	0,4%	94,7%
Applied Intelligence	1	0,4%	95,1%
Applied Mathematical Modelling	1	0,4%	95,6%
Decision Sciences	1	0,4%	96,0%
Engineering with Computers	1	0,4%	96,5%
Human Factors and Ergonomics in Manufacturing	1	0,4%	96,9%
IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews	1	0,4%	97,3%
Inform's Journal on Computing	1	0,4%	97,8%
International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice	1	0,4%	98,2%
Journal of Operations Management	1	0,4%	98,7%
Naval Research Logistics	1	0,4%	99,1%
Operations Research Letters	1	0,4%	99,6%
Robotics and Computer-Integrated Manufacturing	1	0,4%	100,0%
Total	226	100%	-

Fonte: desenvolvido pelo autor

2.2 TENDÊNCIAS DE PESQUISA EM LINHAS DE MONTAGEM

Para retratar as tendências de pesquisa no tema de linhas de montagem, primeiramente foi realizada uma análise referente aos assuntos tratados dentro do tema, a fim de identificar quais os principais aspectos têm sido abordados nas publicações. Neste sentido, foram analisados os títulos, palavras-chaves, resumo, e o corpo do texto das publicações. Em cada artigo foi observado no máximo quatro assuntos diferentes, por exemplo, no artigo “*A multi-decision genetic approach for workload balancing of mixed-model U-shaped assemble line systems*” (HWANG e KATAYAMA, 2009) foram identificados quatro assuntos: i) Balanceamento de linha; ii) Linha de montagem de modelos mistos; iii) Layout em “U”; e iv) *Just in time*. Os assuntos dos respectivos artigos foram codificados e registrados em uma planilha referente ao banco de artigos, onde estão listadas as 226 publicações. O resumo dos principais tópicos abordados nas publicações é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Assuntos dos artigos analisados

Assunto	Artigos	%	Assunto	Artigos	%
Balanceamento de linha	165	73,01%	Sistema de apoio a decisão	2	0,88%
Modelos mistos	62	27,43%	Ajuda mútua	1	0,44%
Sequenciamento de linha	50	22,12%	Buffer	1	0,44%
JIT	18	7,96%	Controle automatizado	1	0,44%
SALBP	18	7,96%	CONWIP	1	0,44%
Linha de montagem em paralelo	15	6,64%	Ergonomia	1	0,44%
Layout em U	13	5,75%	Esforço físico	1	0,44%
Linha de montagem de dois lados	13	5,75%	Lean	1	0,44%
Indústria automotiva	7	3,10%	Linha de embalagem	1	0,44%
Pessoas	6	2,65%	Linha de montagem de eletrônicos	1	0,44%
Linhas de montagem flexíveis	5	2,21%	Linha de montagem em forma de tigela	1	0,44%
PCB (Placas de Circuito Impresso)	4	1,77%	Linhas de montagem híbridas	1	0,44%
GALBP	3	1,33%	Linhas múltiplas	1	0,44%
Projeto de linha de montagem	3	1,33%	Otimização do posto de trabalho	1	0,44%
Robotização	3	1,33%	Pequenos Lotes	1	0,44%
Conversão de linhas em células	2	0,88%	Polivalência	1	0,44%
Linhas automatizadas	2	0,88%	Sincronização de máquinas	1	0,44%
Nivelamento da produção	2	0,88%	Sistem puxado	1	0,44%
Qualidade	2	0,88%	Variação de demanda	1	0,44%

Fonte: desenvolvido pelo autor

Como consta na Tabela 3, existe uma forte concentração de publicações sobre o assunto de balanceamento de linha, com 73,01% das publicações analisadas. Este assunto foi introduzido por Bryton (1954). Porém, a primeira publicação a respeito do tema foi feita por Salveson

(1955) que denominou de problema de balanceamento de linha (*Assemble Line Balancing Problem* – ALBP) (AMEN, 2001; BOYSEN e FLIEDNER, 2008; TOKSARI *et al.*, 2010). Desde então o balanceamento de linha têm sido o principal assunto pesquisado dentro do tema de linhas de montagem.

Como os ALBP são classificados como NP completos (NP *Hard*) dentro dos problemas de otimização combinatória (WINCH, CAI e VAIRAKTARAKIS, 2007; KILINCCI e BAYHAN, 2008; TASAN e TUNALI, 2008; EGE, AZIZOGLU e OZDEMIREL, 2009; FATTAHI e SALEHI, 2009; YEH e KAO, 2009; ZACHARIA e NEARCHOU, 2010) muitos pesquisadores têm buscado o desenvolvimento de algoritmos eficientes, heurísticas computacionais, e métodos exatos para obter soluções ótimas para os problemas de balanceamento de linha.

Alguns exemplos de técnicas empregadas nos trabalhos encontrados na revisão bibliográfica foram: algoritmos genéticos (LEU, MATHESON e REES, 1994; RUBINOVITZ e LEVITIN, 1995; KIM, KIM e KIM, 1996; SURESH, VINOD e SAHU, 1996; HYUN, KIM e KIM, 1998; BAUTISTA *et al.*, 2000; PONNAMBALAM, ARAVINDAN e NAIDU, 2000; REKIEK, DE LIT e DELCHAMBRE, 2000; SABUNCUOGLU, EREL e TANYER, 2000; CARNAHAN, NORMAN e REDFERN, 2001; JI, SZE e LEE, 2001; GONÇALVES e DE ALMEIDA, 2002; JIN *et al.*, 2002; MANSOURI, 2005; HAQ, RENGARAJAN e JAYAPRAKASH, 2006; LEVITIN, RUBINOVITZ e SHNITS, 2006; TSENG e TANG, 2006; WONG, MOK e LEUNG, 2006; NEARCHOU, 2008; VENKATESH e DABADE, 2008; GAO *et al.*, 2009; ZHANG e GEN, 2009; AKGÜNDÜZ e TUNALI, 2010); modelos de programação linear (PEETERS e DEGRAEVE, 2006; MAHDAVI *et al.*, 2009; MOON, LOGENDRAN e LEE, 2009; WU e JI, 2009); algoritmos heurísticos (GAMBERINI *et al.*, 2009; CHOI, KIM e BANG, 2010); Busca Tabu (CHIANG, 1998; MCMULLEN, 1998; PASTOR *et al.*, 2002; OZCAN e TOKLU, 2009a; ÖZCAN, 2010); entre outros.

Outro assunto em destaque diz respeito ao tipo de linha de montagem voltada para a produção de modelos mistos (*Mixed-model*), que foi abordado em 62 publicações, 27,43% do total. As chamadas linhas de montagem de modelos mistos são linhas de produção capazes de produzir grande diversidade de produtos em pequenos lotes, com o mínimo de custo de *setup* entre um modelo de produto e outro (KORKMAZEL e MERAL, 2001). Assim, torna-se possível grande responsividade às flutuações repentinas da demanda, sem a necessidade de manter altos níveis de estoque em processo (RAHIMI-VAHED e

MIRZAEI, 2007; RABBANI, RAHIMI-VAHED e TORABI, 2008). Este tipo de configuração de linha permite produzir a variedade de produtos para atender as necessidades do mercado, característica fortemente presente no cenário atual do consumo (UDDIN, SOTO e LASTRA, 2010). Este tipo de solução de montagem tem cada vez mais sido adotado na indústria, a fim de atender a tendência atual de diversificação na demanda do consumidor (PONNAMBALAM, ARAVINDAN e SUBBA RAO, 2003; SIMARIA e VILARINHO, 2004).

Segundo Rahimi-Vahed e Mirzaei (2007) existem dois principais problemas associados à implantação de linhas de montagem de modelos mistos. O primeiro diz respeito ao projeto e balanceamento da linha, e o segundo diz respeito à determinação da sequência de produção para os diferentes modelos. Por esse motivo, o assunto de sequenciamento de produção foi bastante explorado com 50 publicações, contabilizando 22,12% dos artigos.

Neste tipo de artigo também foram propostos modelos matemáticos, heurísticos, e simulação para se chegar ao sequenciamento que proporcionasse melhor eficiência da utilização nas linhas de modelos mistos (EREL, GOCGUN e SABUNCUOĞLU, 2007; GUO *et al.*, 2008; JAVADI *et al.*, 2008; SABUNCUOĞLU, GOCGUN e EREL, 2008; FATTAHI e SALEHI, 2009; AKGÜNDÜZ e TUNALI, 2010; CHOI, KIM e BANG, 2010; EMDE, BOYSEN e SCHOLL, 2010; ÖZCAN, 2010; ÖZCAN *et al.*, 2010; UDDIN, SOTO e LASTRA, 2010).

A segunda característica analisada nos artigos diz respeito à metodologia de pesquisa utilizada segundo as tipologias (FILIPPINI, 1997): i) estudo de campo; ii) estudo de caso; iii) experimento; iv) modelagem; v) simulação; vi) *survey*; vii) teórico-conceitual. Sendo que os artigos poderiam ser enquadrados em mais de um tipo de metodologia, caso apresentassem as características destas. Como, por exemplo, o artigo “*Absalom: Balancing assemble lines with assignment restrictions*” (SCHOLL, FLIEDNER e BOYSEN, 2010) que faz uso de modelagem matemática para tratar o problema de balanceamento de linha, e experimentos computacionais para testar a solução proposta. Neste caso o artigo foi enquadrado nas metodologias do tipo modelagem, e, também, experimento. O resultado obtido com esta segunda análise também apresenta forte tendência de utilização de certos tipos de metodologia de pesquisa para abordar o tema de linhas de montagem, como ilustra a Tabela 4.

O estudo demonstrou que o maior foco da abordagem metodológica está na utilização de modelagem (85,0%), e experimento (77,9%). Esta concentração é explicada pelo fato de que os pesquisadores se utilizam destes tipos de abordagem para a solução dos problemas de balanceamento e sequenciamento de linha, assuntos que mais se destacaram conforme demonstrado anteriormente. Existe uma forte tendência de tratar estes problemas práticos através do desenvolvimento de modelos matemáticos e heurísticos, aliados a realização de experimentos computacionais com o objetivo de testar a eficácia destes.

Tabela 4 – Resumo da abordagem metodológica dos artigos analisados.

Procedimento de pesquisa	Artigos	Porcentagem
Modelagem	192	85,0%
Experimento	176	77,9%
Simulação	30	13,3%
Estudo de caso	25	11,1%
Teórico-Conceitual	13	5,7%
<i>Survey</i>	7	3,1%
Estudo de campo	2	0,9%

Fonte: desenvolvido pelo autor

Em contrapartida, foi encontrado um número reduzido de publicações que adotaram metodologias com base empírica para o estudo do tema de linhas de montagem, como estudos de caso, *surveys* (empíricas), e estudos de campo. Os estudos de caso encontrados, em sua maioria foram classificados como tal por utilizarem dados de casos reais para modelagem matemática, porém sem discussões com base em aplicações práticas e intervenções nos sistemas reais de produção.

2.3 LACUNAS DE PESQUISA EM LINHAS DE MONTAGEM

A partir da análise das tendências de pesquisa no tema de linhas de montagem foi identificada uma concentração de estudos focados no balanceamento e sequenciamento de linhas através dos métodos de modelagem matemática e experimentos computacionais. No entanto, existe um desafio para este tipo de pesquisa que é o de traduzir para o modelo matemático, aspectos reais do funcionamento e configurações das linhas de montagem existentes, a fim de se ter o melhor resultado possível em termos de balanceamento e sequenciamento. Diversos

autores enfatizam a dificuldade em se obter bons modelos que possam ser aplicados em diversos casos.

No trabalho de Ozcan (2010), que propõe um algoritmo para o balanceamento de linhas de montagem de dois lados, o autor afirma que, nos modelos existentes, os tempos das tarefas são assumidos como determinísticos. Entretanto, salienta que na vida real, especialmente em linhas de montagem manuais, os tempos de execução das tarefas podem variar, como em uma distribuição de probabilidades. A variação dos tempos pode resultar de quebra de máquinas, pouca motivação das pessoas, falta de treinamento e qualificação dos operadores, complexidade das tarefas, fatores ambientais, e etc., aspectos difíceis de serem modelados matematicamente.

Os autores de Zhang e Gen (2009) enfatizam a dificuldade em se estabelecer o tempo de ciclo baseado na demanda de diferentes modelos de produtos. Eles afirmam que as diferenças de experiências e habilidades dos operadores, o tempo de processamento de uma tarefa, e os custos operacionais - como salários - variam entre operadores. Definir o operador mais adequado para cada tarefa, e posto de trabalho a fim de reduzir o tempo de ciclo, aumentar a eficiência da linha, e reduzir os custos totais fazem com que este seja um problema extremamente complexo de ser modelado. Jolai, Rezaee e Vazifeh (2009) apontam o balanceamento de linha como um problema multidisciplinar, e afirmam que métodos algoritmos e heurísticos não são efetivos para solucioná-los, propondo uma abordagem baseada na metodologia de Análise de Envoltória de Dados (DEA).

O autor Lucertini, Paccearelli e Pacifi (1998) demonstrou que apesar da existência de centenas de trabalhos publicados sobre o projeto de linhas de montagem apenas um pequeno número de empresas utilizam as técnicas publicadas para balancear suas linhas. Os autores Rekiek *et al.* (2002) vão além, e afirmam que os algoritmos acadêmicos não são utilizados nas empresas industriais, devido ao fato de serem pouco efetivos e práticos, além de utilizar poucos dados e perder informações substanciais, resolvendo problemas fictícios ao invés de problemas industriais.

Boysen, Fliedner e Scholl (2008) realizaram em seu artigo uma ampla pesquisa na literatura existente sobre balanceamento de linha, apontando as possíveis modelos a serem utilizados para problemas reais, com o objetivo de reduzir a lacuna entre a pesquisa e o mundo real. Os autores consideram surpreendente a grande lacuna existente entre a discussão acadêmica e as aplicações práticas até os dias de hoje. Eles apontam os trabalhos de Chase (1974) e Schöniger e Spingler (1989)

baseados em *surveys* empíricas que revelaram um número muito pequeno de empresas utilizando algoritmos matemáticos para o planejamento de configuração das linhas de montagem. Os autores afirmam que esta lacuna ainda existe, ou até aumentou.

Como conclusão os autores constataam que em mais de cinquenta anos de estudo no tema, apenas 15 de 312 artigos publicados trataram explicitamente de casos reais de balanceamento de linha, representando menos de 5% das publicações, e apontam este fato como um dos indicadores da lacuna entre a pesquisa e os problemas reais.

Os autores propõem o artigo citado como primeiro passo para reduzir esta lacuna de pesquisa no futuro, e apontam como passos futuros a realização de estudos empíricos sobre problemas práticos de balanceamento de linha para confirmar se as soluções apontadas no artigo são válidas para situações reais. Além disso, sugerem que pesquisas estejam cada vez mais focadas em resolver problemas reais de balanceamento de linha, assim como os periódicos publiquem mais estudos de caso sobre o assunto.

A lacuna de pesquisa identificada pelos autores é reforçada através das análises das referências bibliográficas selecionadas, que apontam a deficiência em termos de estudos empíricos e práticos sobre o assunto. Conforme apresentado na Tabela 4, dentre as 226 referências, foram encontradas apenas duas publicações classificadas como Estudo de Campo (SIMARIA, ZANELLA DE SÁ e VILARINHO, 2009; WU e JI, 2009).

Entre as vinte e cinco publicações classificadas como estudo de caso, apenas em três (BARTHOLDI, 1993; ÁLVAREZ *et al.*, 2009; CORTÉS, ONIEVA e GUADIX, 2010) foram realizadas interferências reais no processo, além da utilização dos dados para a modelagem matemática. Bartholdi (1993) afirma que seu trabalho foi o primeiro a apresentar dados reais em mais de 30 anos de pesquisa sobre linhas de montagem. Outro ponto que chama a atenção nas publicações analisadas é a ausência de produção acadêmica explorando o relacionamento entre os aspectos estratégicos das empresas, e seus modelos de gestão da produção, e as linhas de montagem. Foram encontradas poucas publicações referentes aos modelos de gestão da produção aplicados à linha de montagem, como a Manufatura Enxuta. Este assunto foi explorado apenas em uma publicação (ÁLVAREZ *et al.*, 2009) e relata a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), sistema *kanban*, e abastecimento via *Milk-run*. O conceito de *Just in time* foi abordado em dezoito publicações (SUMICHRAST e RUSSELL, 1990; KUBIAK e SETHI, 1991; XIAOBO e OHNO, 1997;

MCMULLEN, 1998; ZERAMDINI, AIGBEDO e MONDEN, 2000; DREXL e KIMMS, 2001; KURASHIGE *et al.*, 2002; JIN e WU, 2003; MANSOURI, 2005; HWANG, R., KATAYAMA, H. e GEN, M., 2008; HWANG, R. K., KATAYAMA, H. e GEN, M., 2008; JAVADI *et al.*, 2008; RABBANI, RAHIMI-VAHED e TORABI, 2008; ALPAY, 2009; BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2009b; a; HWANG e KATAYAMA, 2009; 2010; KOULOURIOTIS, XANTHOPOULOS e TOURASSIS, 2010) que utilizam modelos matemáticos e heurísticos para testar o nivelamento da produção, layout em U, e fazer o balanceamento e sequenciamento de linhas.

Diversos autores mencionam a importância das linhas de montagem para o cumprimento das estratégias competitivas das empresas. Rekiek *et al.* (2002) afirmam que a montagem é a principal atividade estratégica das empresas, e as questões de como utilizar e desenvolver os sistemas de montagem da maneira mais eficiente são fundamentais para que a empresa seja bem sucedida. Segundo os autores os sistemas de montagem determinam a qualidade final dos produtos, e também afetam o tempo de resposta ao mercado (*time-to-market*), entrega, e etc.

Boysen, Fliedner e Scholl (2007; 2008) colocam que a individualização dos produtos é a maneira de atender às necessidades dos consumidores atuais, e, os sistemas de fluxo em linha devem estar aptos a produzir em pequeno volume em um sistema de montagem sob pedido (*assemble-to-order*). Estas características viabilizam modernas “estratégias” como a customização em massa. Os autores afirmam também que esta realidade faz com que o planejamento e implementação de sistemas de montagem tenham grande relevância prática no futuro.

Os autores Simaria, Zanela de Sá e Vilarinho (2009) apontam que o dinamismo e intensa competição do mercado atual, juntamente com as mudanças de tecnologia, tem levado à redução dos ciclos de vida dos produtos, aumento da demanda por produtos customizados, e pressão pela diversificação do *mix* e produtos com mais modelos e oferta de características opcionais. Além disso, a responsividade em termos de rapidez e confiança dos tempos de entrega é demandada pelo mercado, onde o tempo está sendo visto como um aspecto diferencial chave.

Por isso, os autores afirmam que é evidente a necessidade de sistemas flexíveis capazes de produzir maior variedade de produtos, sem o aumento significativo dos custos, o que faz que as empresas utilizem as configurações das linhas de montagem. As linhas de montagem devem atingir alta produtividade, qualidade uniforme, e custos baixos. Além de

serem flexíveis para produzir produtos com pequeno ciclo de vida e volume, demandas variáveis e grande variedade de produtos e opções. Por fim, os autores colocam ainda que as linhas de montagem são peças importantes para a cadeia de suprimentos suportando “estratégias” de *postponement*, além de terem a estrutura ideal para realizar tarefas de customização no produto final, dentro do conceito de customização em massa. Por outro lado com a utilização de trabalho intensivo elas podem estar localizadas próximas ao mercado do consumidor final.

Estas constatações, dentre outras encontradas na literatura especializada no tema de linhas de montagem, reforçam o papel que este tipo de sistema produtivo tem para o cumprimento das estratégias das organizações, e da influencia externa (mercado) nas decisões relativas às linhas de montagem. Apesar disso, não foram encontrados trabalhos que fizessem este relacionamento de uma forma clara e explícita, apontando como as linhas de montagem contribuem em seus aspectos multidisciplinares para o atendimento das estratégias competitivas estabelecidas.

2.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada a revisão da literatura referente às principais pesquisas no tema de linhas de montagem. Discorreu-se sobre o método utilizado para a seleção e análise dos artigos, bem como foram detalhadas as tendências e principais lacunas, ou oportunidades para trabalhos futuros no tema. O Quadro 2 resume as análises e propostas desenvolvidas ao longo deste capítulo. Estas levam em consideração as características de pesquisa e oportunidades para trabalhos futuros no que se refere aos assuntos e procedimentos de pesquisa no tema de linhas de montagem.

Quadro 2 – Tendências e oportunidade de pesquisa.

	Características de pesquisa	Oportunidades para trabalhos futuros
Assuntos chave	<ul style="list-style-type: none"> •Balanceamento de linha •Linhas de montagem de modelos mistos •Sequenciamento da produção 	<ul style="list-style-type: none"> •Problemas e situações reais •Abordagem multidisciplinar •Estratégia de produção <i>versus</i> configurações das linhas de montagem

	Características de pesquisa	Oportunidades para trabalhos futuros
Procedimentos de pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem (algoritmos, métodos heurísticos e exatos) • Experimentos computacionais 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo de caso • Estudo de campo • Pesquisa ação • <i>Surveys</i> empíricas

Fonte: desenvolvido pelo autor

3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO E ESTRATÉGIA EMPRESARIAL

Os sistemas de produção, nos quais estão incluídas as linhas de montagem, são projetados, desenvolvidos, e gerenciados para atender às necessidades do mercado da melhor maneira possível. Um ponto crítico desta realidade é que cada mercado têm características distintas e específicas, impactando diretamente do modo como os sistemas produtivos são estruturados.

Neste sentido as empresas buscam através de suas estratégias, identificar as oportunidades de mercado e definir a maneira pela qual estarão competindo neste(s) mercado(s). As estratégias adotadas irão direcionar as decisões dentro da empresa, e particularmente no sistema produtivo (o que inclui as linhas de montagem), a fim de cumprir com a estratégia traçada.

O presente capítulo discutirá os conceitos de sistemas de produção, bem como suas diferentes definições e classificações encontradas na literatura baseadas em suas características. Além disso, será apresentada uma breve evolução dos sistemas de produção ao longo do tempo, relacionada com a transformação da sociedade e do mercado competitivo (item 3.1).

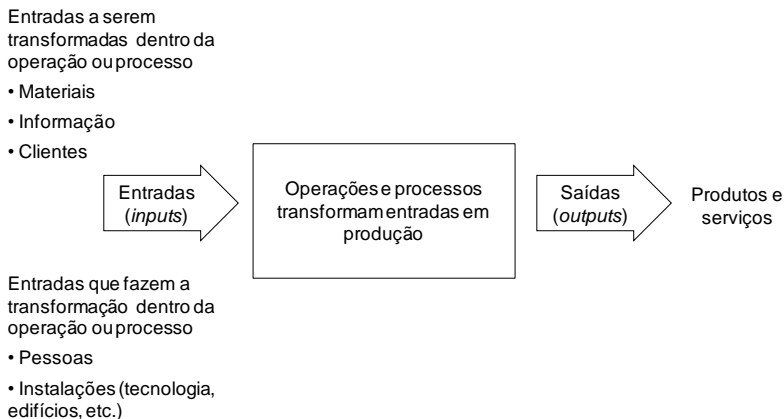
Em seguida será discutido o tema de estratégia empresarial (item 3.2), em suas duas abordagens. A primeira denominada Visão Baseada nos Recursos (*Resource Based View*), e a segunda a abordagem tradicional *top-down*, com seus níveis hierárquicos (organizacional, competitivo, e funcional). Os níveis competitivo e funcional (de produção) serão mais bem detalhados, e relacionados com as prioridades competitivas e suas influências nas áreas de decisão. Por fim, serão apresentadas as conclusões do capítulo (item 3.3), bem como extraídas as informações que embasam o conteúdo desta pesquisa, e que serão utilizadas no decorrer do trabalho.

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os sistemas de produção são formados por complexas configurações. Segundo Sipper e Bulfin (1997), a maioria dos sistemas de produção são como *icebergs*, em que a porção que pode ser identificada visualmente é apenas uma pequena parte de um todo. Por traz deste todo existem materiais, pessoas, tecnologias, produtos, informações, processos, etc. A função básica dos sistemas de produção é a de converter insumos em algum resultado desejado. A esta conversão dá-se o nome de processo de transformação. Slack *et al.* (2008; 2002)

apresentam na Figura 6 um modelo geral do processo de transformação que é usado para descrever a natureza da produção.

Figura 6 – Modelo geral do processo de transformação.



Fonte: Slack *et al.* (2008, 2002).

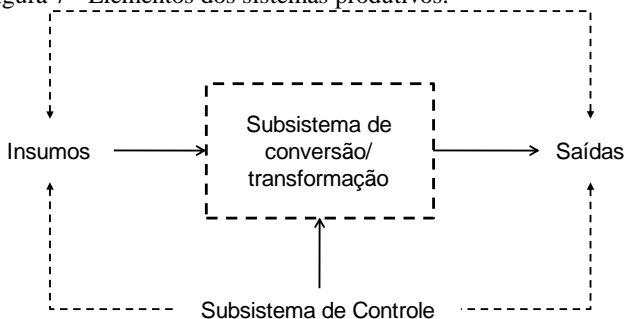
As entradas (*inputs*) de recursos transformados são aqueles modificados de alguma forma no processo, constituindo-se normalmente de materiais, informações, ou clientes. Como recursos de transformação do processo têm-se as instalações (edifícios, equipamentos, tecnologias, etc.) e as pessoas (operam, mantêm, planejam e gerenciam a operação), que constituem o alicerce de todos os processos.

Após o processo de transformação têm-se como saídas (*outputs*), os produtos e serviços. A diferença mais óbvia entre eles está na sua tangibilidade, na qual os produtos são normalmente tangíveis e os serviços intangíveis. Embora hoje em dia seja cada vez mais comum o conceito de pacote produto/serviço, obtendo como saída do processo um conjunto de produto e serviço (GIANESI e CORRÊA, 1996; TUBINO, 2007). Apesar da abordagem de pacote integrado, nesta tese o foco de trabalho será voltado para os processos de produção cuja saída seja de produtos ou bens.

A ideia de Slack ao propor o modelo geral do processo de transformação está ligada à teoria de sistemas, proposta por Bertalanffy (1971), e pode ser interpretado como a teoria de sistemas aplicada aos sistemas de produção, que transforma os materiais, informações, ou clientes, utilizando as pessoas e instalações a fim de produzir produtos, ou bens, e serviços.

Moreira (1998) propõe uma comparação dos sistemas de produção com os processos de transformação, que pode ser visualizado na Figura 7. Esta proposta adiciona o subsistema de controle, que tem a função de fazer cumprir a programação, padrões, qualidade e utilização dos recursos de forma eficiente no sistema produtivo.

Figura 7 - Elementos dos sistemas produtivos.



Fonte: Moreira (1998).

Alguns autores trazem semelhantes definições sobre os sistemas de produção. MacCarthy e Fernandes (2000) definem sistema de produção industrial como sendo um conjunto de elementos humanos, físicos e gerenciais inter-relacionados projetados para que a geração de produtos se dê de tal forma que o valor final destes supere os custos incorridos para obtê-los. Já Moreira (1998) define que um sistema de produção pode ser definido como um conjunto de atividades inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso de indústrias) ou de serviços. Para Sipper e Bulfin (1997) a manufatura é a base de qualquer sistema produtivo industrial, um processo com fluxo de duas componentes principais: material e informação. Segundo os autores, a principal atividade de um sistema de produção é a transformação e o principal resultado esperado é a agregação de valor ao produto.

3.1.1 Classificações dos sistemas de produção

Para que os sistemas produtivos cumpram com sua função de transformar os *inputs* em *outputs* da maneira mais adequada, eles devem estar estruturados segundo características no ambiente ao qual estão inseridos. A partir das diferentes características dos sistemas produtivos são sugeridas na literatura diversas classificações. Estas se baseiam em diferentes pontos de vista dos autores. Para Tubino (2007), a

classificação dos sistemas produtivos tem por finalidade facilitar o entendimento das características de cada sistema de produção e sua relação com a complexidade das atividades de planejamento e controle destes sistemas. MacCarthy e Fernandes (2001) apontam que a classificação dos sistemas produtivos auxilia na melhor compreensão das características dos sistemas de produção, além de orientar na melhor abordagem de gestão a ser adotada.

Os Quadros 2 e 3 trazem alguns exemplos de classificações para os sistemas de produção industriais (foco deste trabalho) segundo os autores Slack *et al.* (2008), Tubino (2007), MacCarthy e Fernandes (2000), Moreira (1998), Plossl (1993), Groover (1987), Zacareli (1979), Johnson e Montgomery (1974). Como pode ser observado, existem diferentes interpretações das classificações dos sistemas de produção industriais e suas respectivas características. O primeiro ponto diz respeito ao número de características associadas à classificação dos sistemas produtivos industriais. Para Persson (1981) as classificações podem ser: unidimensional, bidimensional e multidimensional. Desta forma, as classificações de Plossl (1993) e Groover (1987), podem ser enquadradas como bidimensionais, pois consideram as dimensões variedade e volume para sua classificação. Já Zacareli (1979) e Johnson e Montgomery (1974) adicionam a dimensão fluxo às duas anteriormente citadas (variedade e volume).

Outras dimensões consideradas nas características apresentadas são: repetitibilidade e previsibilidade (SLACK, 2008), natureza do produto (TUBINO, 2007), e forma de atendimento ao cliente (MOREIRA, 1998). Os autores MacCarthy e Fernandes (2000) identificaram doze diferentes características para classificar os sistemas produtivos industriais, que estão listadas no Quadro 2.

Como mencionado anteriormente, existem diversas formas de classificar os sistemas produtivos industriais de acordo com suas características. Segundo Tubino (2007), pode-se afirmar que a classificação mais significativa para atender a complexidade das funções do Planejamento e Controle da Produção (PCP) está relacionada com o grau de padronização dos produtos, e consequente volume de produção demandado pelo mercado, conforme ilustra a Figura 8.

Quadro 3 – Classificações dos sistemas de produção.

Slack et al (2008)	Tubino (2007)	MacCarthy e Fernandes (2000)	Moreira (1998)
<p>1. Processo de projeto: produtos altamente padronizados; altos leadtimes; várias atividades em paralelo; grandes unidades de produção.</p> <p>2. Processos de tarefa: variedade muito alta e baixos volumes; compartilhamento de recursos; grau de repetição baixo.</p> <p>3. Processo de lote: variedade média; várias unidades semelhantes ao mesmo tempo; podem ser razoavelmente repetitivos.</p> <p>4. Processos em massa: alto volume, pequena variedade; essencialmente repetitivas e amplamente previsíveis.</p> <p>5. Processos contínuos: altíssimos volumes; pouquíssima variedade; tecnologias inflexíveis, fluxo altamente previsível.</p>	<p>1. Processos contínuos: não podem ser identificados individualmente.</p> <p>2. Processos discretos: envolvem a produção de bens ou serviços que não podem ser isolados, em lotes ou unidades, e identificados em relação aos demais.</p> <p>i) processos repetitivos em massa: produção em grande escala de produtos altamente padronizados;</p> <p>ii) processos repetitivos em lote: produção em lotes de um volume médio de bens ou serviços padronizados;</p> <p>iii) processos por projeto: atendimento de uma necessidade específica dos clientes, estreita ligação com o cliente tem uma data determinada para ser concluído.</p>	<p>1. Caracterização geral</p> <p>i) Tamanho da organização: pequena, média ou grande;</p> <p>ii) Tempo de resposta: rapidez na entrega;</p> <p>iii) Nível de repetição: frequência de programação e produção dos produtos;</p> <p>iv) Nível de automação: grau de automação dos recursos;</p> <p>2. Caracterização do produto</p> <p>i) Estrutura do produto: níveis de estrutura;</p> <p>ii) Nível de customização: nível de interferência do cliente no desenvolvimento do produto;</p> <p>iii) Número de produtos</p> <p>3. Caracterização do processo</p> <p>i) Tipos de layout: organização do layout</p> <p>ii) Tipos de estoques de segurança: fase de utilização de estoques</p> <p>iii) Tipos de fluxo: sequência de produção baseada no tipo de recursos;</p> <p>4. Caracterização da montagem</p> <p>i) Tipos de montagem: estrutura da linha</p> <p>ii) Tipos de organização do trabalho: utilização da mãe de obra.</p>	<p>Classificação Tradicional</p> <p>1. Sistemas de produção contínua ou de fluxo em linha: sequência linear de fluxo, produtos padronizados</p> <p>i) produção contínua propriamente dita: alto grau de automatização e produtos altamente padronizados;</p> <p>ii) produção em massa: linhas de montagem em larga escala, poucos produtos, grau de diferenciação relativamente pequeno.</p> <p>2. Sistemas de produção intermitente (fluxo intermitente)</p> <p>i) por lotes</p> <p>ii) por encomenda</p> <p>3. Sistemas de produção de grandes projetos sem repetição: produto único, pouca ou nenhuma repetitividade.</p> <p>Classificação Cruzada de Schroeder</p> <p>1. Sistemas orientados para estoque: produto é fabricado e estocado, atendimento rápido, baixo custo, flexibilidade de escolha reduzida;</p> <p>2. Sistemas orientados para a encomenda: as operações são ligadas a um cliente em particular, discutindo-se preço e prazo de entrega.</p>

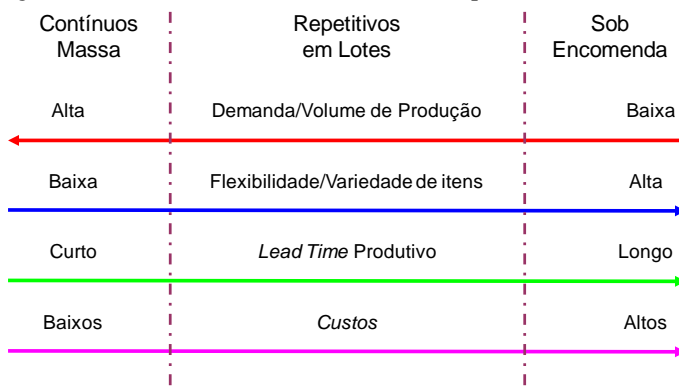
Fonte: Slack *et al.* (2008), Tubino (2007), MacCarthy e Fernandes (2000), Moreira (1998).

Quadro 4 – Classificações dos sistemas de produção.

Plossl (1993)	Groover (1987)	Zacarelli (1979)	Johnson e Montgomery (1974)
<p>1. Fabricado sob medida ou pedido: poucos de um tipo</p> <p>2. Lote ou intermitente: muita variedade, volume reduzido</p> <p>3. Processo ou contínuo: pouca variedade, grande volume</p> <p>4. Repetitivo: pouca variedade, grande volume</p> <p>5. Controlada: rigidamente regulamentada pelo governo (alimentos, produtos farmacêuticos, serviços públicos)</p>	<p>1. Produção em oficina: grande variedade de produtos; pequenas quantidades</p> <p>2. Produção em lotes: variedade média; médias quantidades</p> <p>3. Produção em massa: reduzida variedade; grande quantidade</p>	<p>1. Indústrias do tipo contínuo: onde os equipamentos executam as mesmas operações de maneira contínua</p> <p>i) contínuo puro: uma só linha de produção, os produtos finais são exatamente iguais;</p> <p>ii) contínuo com montagem ou desmontagem: várias linhas de produção contínua que convergem nos locais de montagem ou desmontagem;</p> <p>iii) contínuo com diferenciação final: características de fluxo igual a um ou outro dos subtipos anteriores, mas o produto final pode apresentar variações.</p> <p>2. Indústrias do tipo intermitente: diversidade de produtos fabricados e tamanho reduzido do lote</p> <p>i) fabricação por encomenda de produtos diferentes: produto de acordo com as especificações do cliente e a fabricação se inicia após a venda do produto;</p> <p>ii) fabricação repetitiva dos mesmos lotes de produtos: produtos padronizados pelo fabricante, repetitividade dos lotes de fabricação</p>	<p>1. Sistema contínuo: poucas famílias de produtos similares; grandes volumes</p> <p>2. Sistema Intermitente: freqüentes mudanças na produção, grande variedade</p> <p>i) flowshop: produtos feitos numa linha: mesma sequência de operações</p> <p>ii) jobshop: itens não seguem o mesmo roteiro de fabricação</p> <p>3. Sistema grande projeto: produtos complexos e especiais; muitas vezes únicos</p>

Fonte: Ploss (1993), Groover (1987), Zacarelli (1979), Johnson e Montgomery (1974).

Figura 8 - Características básicas dos sistemas produtivos.



Fonte: Tubino (2007).

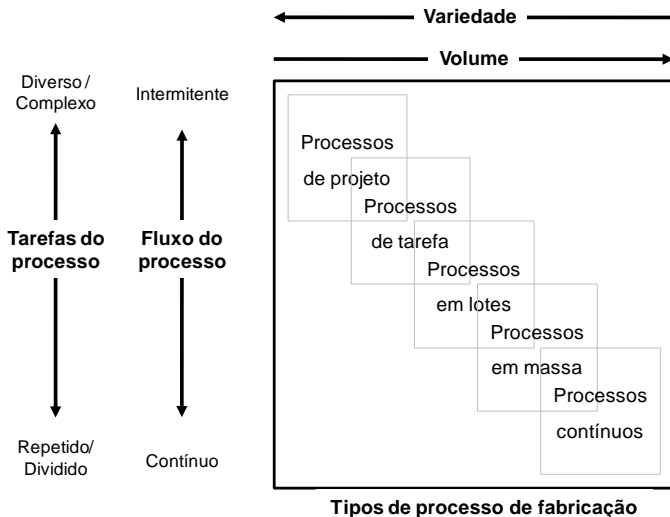
Tubino (2007) classifica os sistemas produtivos segundo as características da demanda e variedade de produtos. De acordo com autor, quando se tem um grande volume de produção para atender as altas demandas do mercado, caso dos sistemas contínuos e em massa, existe baixa variedade de itens e flexibilidade dos sistemas produtivos, que utilizam recursos especializados para diluir os custos e reduzir o lead time produtivo. Na medida em que a demanda decresce, juntamente com o volume de produção, a variedade de produtos aumenta, exigindo maior flexibilidade dos sistemas produtivos. Por consequência a complexidade de produção aumenta impactando também no tempo de atravessamento (lead time) e custos de produção.

Esta ideia também é compartilhada por Slack *et al.* (2008). Na Figura 2.6, os autores classificam os tipos de processo de acordo com o volume de produção e variedade de produtos, indo desde o processo de projeto (para sistemas produtivos com baixa demanda e alta variedade) passando por processos de tarefa e em lotes, até processos em massa e contínuos (para os sistemas produtivos que atendem altas demandas e com pouca variedade de produtos).

Para os autores, a forma com que os sistemas de produção estão estruturados impacta diretamente nas características do fluxo e nas tarefas a serem executadas, onde nos processos em que a característica de variedade é alta e volume baixo, o fluxo do processo é mais truncado e a complexidade grande. Na medida em que a variedade diminui e o volume aumenta, tem-se nos sistemas produtivos industriais uma maior

continuidade em termos de fluxo dos processos, com atividades mais curtas e repetitivas.

Figura 9 - Características variedade-volume para o processo



Fonte: Slack *et al.* (2008).

3.1.2 Evolução dos sistemas de produção

Os sistemas produtivos passaram por diversas transformações ao longo do tempo decorrentes das mudanças históricas, sociais, culturais, tecnológicas, etc. Estas mudanças trouxeram evoluções para os sistemas de produção a fim de melhor se adequar ao contexto em que estavam inseridos, principalmente no que se refere aos aspectos relacionados à tecnologia existente, e as exigências do mercado.

Os autores Sipper e Bulfin (1997) defendem que os sistemas produtivos passaram por quatro fases até chegarem à realidade atual: sistema de produção antigo, o feudal, o europeu, e o americano. O sistema de produção antigo era característico dos Sumérios (registros de estoques), Egípcios (construção das pirâmides), Hebreus e gregos, dentre outros povos da antiguidade. O sistema feudal, na idade média, caracterizou-se pela produção doméstica. Já o europeu teve início durante o renascimento, por volta de 1300, porém com maiores transformações a partir da Revolução Industrial (por volta de 1.700). Aproximadamente cem anos depois começa o sistema americano, a

partir do desenvolvimento do torno moderno, por Maudslay, e o início da indústria de máquinas e ferramentas.

Em 1913 Henry Ford coloca em funcionamento a primeira linha de montagem de acionamento mecânico para montar o automóvel Modelo-T, cujo projeto utilizava peças intercambiáveis. No sistema americano surge também Frederic Taylor, o pai da gestão científica, com seu livro “Os princípios da gestão científica” (1911), que defendeu uma melhor gestão do processo para a obtenção de maior eficiência. Durante o sistema americano de produção, surgiu a produção em larga escala, a partir da qual Sipper e Bulfin (1997) denominaram de sistema de produção orientado à produção. Neste sistema o consumidor tinha nenhuma influência sobre o que seria produzido, e a eficiência da produção era o ponto fundamental. Porém, em meados do século XX o ambiente competitivo começou a se modificar, trazendo algumas transformações, como: mercado mais exigente e buscando maior variedade, menos custo, e maior qualidade; disputa de mercado com produtos estrangeiros; avanços de tecnologia da informação; redução do ciclo de vida dos produtos; novos produtos, processos de manufatura e tecnologias de produto; e modificações na cultura do trabalhador.

A partir das novas características do ambiente competitivo, os sistemas de produção industriais sofreram mudanças significativas, principalmente através do direcionamento de esforços para atender às necessidades dos clientes. Por isso, nos dias atuais, Sipper e Bulfin (1997) denominaram de sistema de produção orientado para o mercado, substituindo o antigo sistema voltado para a produção. Este novo sistema exige conceitos como flexibilidade, integração e etc. a fim de satisfazer as necessidades dos clientes em termos de objetivos estratégicos. Estes objetivos estão dentro do contexto estratégico das organizações, e serão detalhados no item que segue.

3.2 ESTRATÉGIA EMPRESARIAL

A discussão sobre o tema de estratégia empresarial, em particular da função produção, teve início a partir dos trabalhos clássicos de Skinner (1969; 1978). Desde então, o assunto vem sendo amplamente discutido na literatura acadêmica, com o objetivo de tentar explicar e conduzir as organizações a conquistarem vantagens competitivas sustentáveis, além de explicar e compreender as diferenças entre o desempenho das empresas. Com a globalização e crescente concorrência entre os mercados, o pensamento estratégico teve grande evolução no período entre 1980 e 1990. Um dos grandes autores sobre o tema foi

Michel Porter que desenvolveu a visão *top-down* das estratégias genéricas (PORTER, 1980). Depois disso, foi apresentada uma estrutura hierárquica organizada em três diferentes níveis de estratégia - corporativa, competitiva, e das áreas funcionais (HAYES e WHEELWRIGHT, 1984; SWAMIDASS e NEWELL, 1987; HILL, 1993). Também foi proposta, embora menos difundida, uma estrutura horizontal das estratégias, enfatizando o alinhamento estratégico (*strategic fit*) entre áreas funcionais e níveis hierárquicos (WHEELWRIGHT, 1984; SEMLER, 1997; STEPANOVICH e MUELLER, 2002; Hayes, Wheelwright e Clark, 2004).

Com a evolução dos sistemas produtivos e dos modelos de gestão da produção a manufatura ganhou força, e a visão *top-down* de Porter (1980) passou a ser criticada por afirmar que não poderia se gerar vantagens sustentáveis a partir da eficiência da produção (GRANT, 1991). Eis que surge a Visão Baseada em Recursos (*Resource Based View* – RBV), que defende a manufatura como grande diferencial estratégico competitivo (WERNERFELT, 1984; BARNEY, 1991; DIERICKX e COOL, 1989; GRANT, 1991; PETERAF, 1993; COLLIS e MONTGOMERY, 1995), estratégia que vem ganhando força na literatura acadêmica de Gestão de Operações.

As diferentes ideias, brevemente apresentadas, serão discutidas a seguir. No item 3.2.1 será apresentado o conteúdo sobre a RBV, suas origens, definições, vantagens e limitações. E no item 3.2.2 será discutida a abordagem tradicional *top-down* proposta por Porter (1980), a qual se tomará como embasamento para a consecução desta tese.

3.2.1 Visão Baseada nos Recursos (RBV)

As estratégias empresariais têm papel fundamental para a competitividade das empresas no mercado. Segundo Andrews (2001), a estratégia empresarial é o padrão de decisões em uma empresa, que determina e revela seus objetivos, propósitos ou metas, e produz as principais políticas e planos para a obtenção dessas metas. A partir desta definição é possível concluir que a estratégia empresarial serve como guia referencial para onde, e como, a empresa deve seguir atuando.

Existem na literatura algumas diferentes abordagens sobre o tema. No entanto, entre as ideias mais relevantes e estudadas estão as de Porter (1980), que propõe a competição a partir de uma escolha dentro de um determinado ambiente (item 3.2.2.). No entanto, com a evolução dos sistemas produtivos e dos modelos de gestão da produção (Capítulo 4) tornaram evidentes empresas com desempenho significativamente

superior às outras, mesmo participando do mesmo mercado e ambiente concorrencial.

Esta constatação suscitou questionamentos sobre a abordagem tradicional, levando à conclusão de que as empresas são capazes de desenvolver diferenciais competitivos internamente. Esta ideia leva a abordagem de *Resource Based View* (RBV), cujos fundamentos foram propostos na década de 1950 através dos estudos de Selznick (1957) e Penrose (1959). Os autores identificam as empresas como um composto de recursos produtivos e estratégicos que levam a diferentes resultados. Desta maneira, as empresas que investem em desenvolver recursos internos únicos e difíceis de serem imitados podem utilizá-los como diferencial competitivo e sustentação de suas estratégias (NASSIF e HANASHIRO, 2003).

Segundo Oliveira e Fleury (2000) alguns pesquisadores estão trabalhando para o aprofundamento da abordagem baseada em recursos. Com relação aos tipos de recursos existentes nas empresas os autores Penrose (1959), Nelson e Winter (1982), Barney (1991) os categorizam em: i) recursos físicos, representados pelas máquinas, equipamentos e instalações; ii) recursos humanos, referente às pessoas em todos os níveis da empresa; iii) recursos organizacionais, nos quais estão incluídas as normas, padrões, controles e rotinas que coordenam os recursos físicos e humanos.

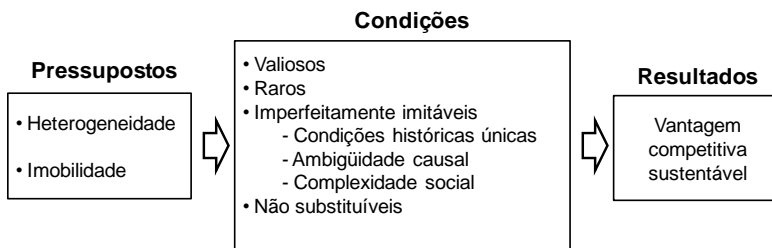
Galbreath e Galvin (2004), e Grant (1991) simplificam a classificação dos recursos em: i) recursos tangíveis: são aqueles que podem ser contabilizados financeiramente, e podem ser identificados com clareza, como recursos humanos, financeiros, e equipamentos; ii) recursos intangíveis: não podem ser diretamente identificados, tais como a cultura da empresa, clima organizacional, conhecimento, habilidades técnicas e gerenciais não documentadas, relacionamentos entre colaboradores, fornecedores, clientes, e etc.

Assim como as diferentes classificações dos tipos de recursos, existe uma ampla variedade de propostas sobre a abordagem estratégica de RBV, buscando a consolidação e validade da mesma. Dentre as diferentes propostas sobre o tema, um modelo teórico bastante aceito pode ser encontrado em Barney (1991), apresentado na Figura 10.

O modelo de Barney (1991) para a Visão Baseada em Recursos estabelece dois pressupostos básicos, e quatro condições básicas que levam a vantagem competitiva sustentável como resultado. Os pressupostos identificados são:

Heterogeneidade – que significa a posse de recursos diferentes, de modo que os concorrentes não possam obter semelhantes recursos facilmente através da imitação ou da compra;

Figura 10 - Pressupostos, condições e resultados da RBV.



Fonte: Barney (1991).

Imobilidade dos recursos – este pressuposto afirma que os recursos não devem ser facilmente móveis, pois, caso não sejam, os concorrentes teriam fácil acesso a eles, o que não caracterizaria um recurso único e heterogêneo. Os recursos são imperfeitamente móveis quando, de alguma maneira, possuem especialização, que os tornam adaptados exclusivamente para as necessidades da empresa que os possui (REED e DEFILLIPPI, 1990).

Com base nestes pressupostos, Barney (1991) identificou algumas características dos recursos que poderiam ser exploradas para se tornarem fonte de vantagem competitiva sustentável na RBV:

- **Potencial de valor:** os recursos devem ser capazes de explorar oportunidades, ou neutralizar ameaças do ambiente competitivo, que permita a redução de custos ou aumento de receita;
- **Serem escassos:** os recursos devem ser raros para garantir a vantagem competitiva;
- **Serem imperfeitamente imitáveis:** as empresas que não possuem um determinado recurso diferencial devem enfrentar dificuldades para obtê-lo, devido às condições históricas (pioneirismo de algumas empresas em desenvolver o recurso ao longo do tempo), ou ambigüidade causal (ignorância dos concorrentes da utilização correta do recurso, ou qual é exatamente o recurso diferencial), ou ainda a complexidade social;
- **Serem imperfeitamente substituíveis:** não devem existir recursos capazes de gerar os mesmos resultados, ou resultados equivalentes.

A partir do breve conteúdo exposto sobre a teoria de Visão Baseada nos Recursos, diversos autores defendem esta abordagem como a melhor maneira de tratar a estratégia de manufatura, afirmando que se tornou base para a criação de vantagem competitiva (BARNEY, 1991; FAHY e SMITHEE, 1999; GHEMAWAT, 2002; GRANT, 1991; HITT, IRELAND e HOSKINSSON, 2001), permite a geração de barreiras a novos entrantes (WERNERFELT, 1984; BARNEY, 1991; GHEMAWAT, 2002; GRANT, 1991), contribui para o desenvolvimento das capacidades humanas (HERREMANS e ISAAC, 2004), e é aliada do marketing estratégico (FAHY e SMITHEE, 1999).

Apesar da grande aceitação da RBV e do crescimento de pesquisas na área, trata-se ainda de uma teoria em fase de consolidação, e apresenta algumas limitações. Os autores Lado *et al.* (2006) afirmam que as principais variáveis teóricas que compõem a RBV são difíceis de serem identificadas e mensuradas, portanto, caracterizam uma teoria que não pode ser empiricamente verificada.

Já Priem e Butler (2001) afirmam que as ideias de Barney (1991) apresentadas “de que um recurso deve ser valioso, raro, e insubstituível para gerar uma vantagem competitiva e sustentável” são verdadeiras por definição, e, por isso, não podem ser testadas empiricamente. Do ponto de vista de Kraatz e Zajac (2001), o foco nos recursos existentes pode constituir uma barreira para o avanço da organização, ao limitar o desenvolvimento da mesma ao investimento nos recursos existentes, e evitar a busca, ou a descoberta, de novos recursos promissores.

Contudo, a partir da breve revisão sobre a teoria de Visão Baseada nos Recursos (RVB), foi possível identificar que se trata de uma abordagem que vem sendo cada vez mais estudada nas pesquisas de gestão de operações. Porém, a dificuldade de medir e testar a teoria empiricamente, aliada à ausência de pesquisas empíricas sobre o tema demonstram que ainda se trata de uma teoria em consolidação. Além destes fatores, não foi possível identificar um relacionamento claro da RBV com o ambiente externo à organização, considerando aspectos de mercado influenciando nas decisões do ambiente interno, os recursos [nota do autor]. Este fator é o principal limitador da adoção desta abordagem como embasamento teórico desta pesquisa, que pretende estudar as influências do mercado, e consequente estratégia adotada por uma empresa, nas decisões e configurações relacionadas às linhas de montagem.

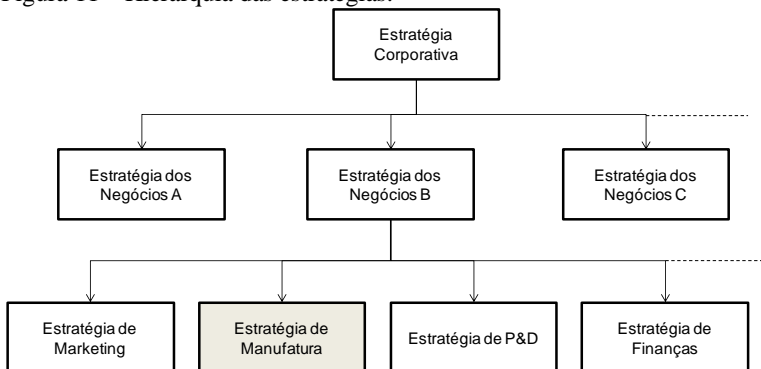
Neste sentido, a abordagem tradicional de planejamento estratégico, com sua estrutura *top-down*, vem a suprir esta lacuna da

RBV, e por isso será adotada como base teórica de estratégia empresarial. Esta abordagem, ou visão, será mais bem detalhada no item subsequente.

3.2.2 Visão tradicional de planejamento estratégico (top-down)

A estratégia competitiva é a busca pela posição competitiva favorável em uma indústria, ela visa estabelecer uma posição lucrativa e sustentável contra as forças que determinam a concorrência na indústria. As empresas, através de suas estratégias, podem influenciar nestas forças (PORTER, 1985). Na visão tradicional de estratégia empresarial, as estratégias são divididas e hierarquizadas, segundo Hayes e Wheelwright (1984), e Wheelwright (1984) em três níveis hierárquicos: corporativo, do negócio, e funcional, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – Hierarquia das estratégias.



Fonte: Hayes e Wheelwright (1984).

Esta abordagem *top-down* é amplamente utilizada na literatura e representa a hierarquia na qual a estratégia do negócio é uma parte importante do ambiente no qual as estratégias funcionais operam, e a estratégia corporativa é um elemento importante do ambiente no qual a estratégia do negócio se encaixa (SLACK *et al.*, 2002). Assim sendo, para que uma estratégia empresarial obtenha sucesso é imprescindível que haja uma sinergia entre os três níveis estratégicos, fazendo cumprir no nível funcional as diretrizes apontadas para a corporação e para o negócio.

O primeiro nível da estratégia empresarial representa o nível da corporação como um todo. A estratégia corporativa orienta a

organização na busca pelo posicionamento em seu ambiente global, econômico, social e político (SLACK *et al.*, 2002). Esta orientação baseia-se, segundo Porter (1999), em dois pontos fundamentais, o primeiro é relativo à decisão de quais negócios a empresa vai atuar, e o segundo diz respeito à maneira com que a sede da corporação deve gerenciar suas unidades de negócio.

3.2.3 Estratégia competitiva (ou do negócio)

Definidas as unidades de negócio e a maneira como estas serão gerenciadas pela matriz, cada unidade estabelece sua própria estratégia do negócio, também chamada de estratégia competitiva. Segundo Porter (1985; 1980), Prahalad e Hamel (1998) e Ohmae (1998), a estratégia competitiva é o conjunto de planos, políticas, programas e ações desenvolvidos por uma empresa ou unidade de negócios com o intuito de ampliar ou manter, de modo sustentável, suas vantagens competitivas frente aos concorrentes.

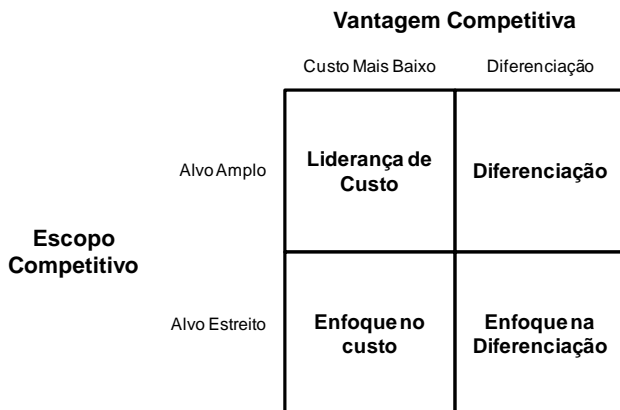
Através da estratégia competitiva as empresas determinam sua missão e objetivos individuais, bem como a definição de como irão competir em seus mercados, considerando seus consumidores, mercados e concorrentes, e incluindo também à corporação da qual fazem parte (SLACK *et al.*, 2002). Segundo Porter (1985) a meta final da estratégia competitiva é lidar com as regras da concorrência, e, em termos ideais modificar estas regras em favor da empresa. O autor aponta ainda cinco forças competitivas que englobam estas regras, quais sejam: i) a entrada de novos concorrentes; ii) a ameaça de substitutos; iii) o poder de negociação dos compradores; iv) o poder de negociação dos fornecedores; e v) a rivalidade entre os concorrentes existentes.

A habilidade de uma empresa em lidar com as cinco forças melhor do que seus rivais resultam de dois tipos de vantagem competitiva: baixo custo ou diferenciação. Estes dois tipos de vantagem competitiva combinados levam a três estratégias genéricas para alcançar desempenho acima da média em uma indústria: i) liderança de custo; ii) diferenciação; e iii) enfoque. As três estratégias e respectivas vantagens competitivas e escopo competitivo estão retratados na Figura 12.

Na estratégia de liderança de custo a empresa visa estruturar-se de modo a se tornar um produtor de baixo custo quando comparada aos concorrentes. As fontes da vantagem de custo podem advir da busca de economias de escala, tecnologia patenteada, acesso preferencial a matérias primas, e etc. Segundo Porter (1985) os produtores desta estratégia vendem um produto padronizado, sem maquiagem e dão

ênfase considerável à obtenção de custo absoluto e de escala de todas as fontes. A empresa que tem por objetivo a liderança em custos deve ser a líder em custo ou estar próxima a ela, e ainda obter certa proximidade com base na diferenciação relativa de seus concorrentes.

Figura 12 - Três estratégias genéricas.



Fonte: Porter (1985).

Na estratégia de diferenciação uma empresa busca ser a única em sua indústria em atender alguns elementos amplamente valorizados pelos compradores. Para recompensar a singularidade a empresa que pratica este tipo de estratégia pode cobrar um pouco a mais pelos produtos diferenciados (preço-prêmio). Uma empresa pode ser um competidor acima da média, na estratégia de diferenciação, se o preço-prêmio cobrado for acima dos custos extras decorrentes da diferenciação. Além disso, a empresa deve buscar uma proximidade de custo em relação aos concorrentes, reduzindo custos nas áreas que não afetam a diferenciação.

A terceira e última estratégia genérica proposta por Porter (1985), denominada enfoque, está baseada na escolha de um ambiente competitivo estreito dentro de uma indústria, onde uma empresa escolhe um ou mais segmentos e adapta sua estratégia para atendê-los, excluindo os demais segmentos. Assim o enfocador procura obter uma vantagem competitiva em seus segmentos-alvo, embora não tenha a mesma vantagem competitiva geral.

Esta estratégia tem duas variantes. No enfoque de custo, a empresa busca uma vantagem de custo, enquanto no enfoque da

diferenciação a empresa procura a diferenciação, ambas em seu respectivo segmento-alvo. As duas baseiam-se em diferenças entre os segmentos-alvo de um “enfocador” e outros segmentos da indústria. Assim, os segmentos-alvo devem ter compradores com necessidades incomuns às demais estratégias, implicando que certos segmentos são atendidos de maneira insatisfatória por concorrentes de alvos amplos, que os atendem da mesma maneira como atendem outros.

O conceito de estratégias genéricas pode ser desenvolvido a partir do delineamento de algumas dimensões estratégicas como, por exemplo: segmento de clientes alvo, mercado geográfico atendido, amplitude da linha de produto, posição de custo, identificação com a marca, canal de distribuição utilizado, serviços ao cliente, qualidade do produto e política de preços, etc. O detalhamento destas dimensões, somadas a outras possíveis, sugerem a estratégia competitiva adotada por uma determinada empresa.

Os autores Souza e Voss (2001) em sua pesquisa para estudar o relacionamento entre a estratégia de manufatura das empresas e a implantação de práticas de gestão da qualidade, sugerem seis variáveis que são influenciadas por tais estratégias, a saber: i) nível de customização de produtos, volume de produção, taxa de introdução de novos produtos, variedade interna de itens, tamanho dos lotes de produção, e tipo de processo. Em seu trabalho os autores utilizam tais variáveis a fim de classificar a estratégia competitiva da empresa, a fim de investigar as práticas de gestão da qualidade adotadas. O presente trabalho faz uso das variáveis sugeridas pelos autores, conforme será detalhado no estudo de múltiplos casos.

A estratégia competitiva de uma empresa é desdobrada em estratégias funcionais buscando-se compor um todo coeso e harmônico de planos e ações que propiciem a aquisição de vantagens competitivas pela melhoria dos processos de negócios ou de elementos na “cadeia de valor” (PORTER, 1985) da empresa. A estratégia competitiva inclui os objetivos de mais longo prazo da empresa ou da unidade de negócios que serão repassados às estratégias funcionais.

Todas as funções dentro de cada unidade de negócios (produção, P&D, *marketing*, vendas, finanças, recursos humanos, etc.) precisarão traduzir os objetivos do negócio, com o propósito de compreenderem sua real contribuição para o alcance de tais objetivos. Para tanto, cada função necessita de uma estratégia que defina como elas suportarão a estratégia competitiva (SLACK *et al.*, 2002). Dessa forma, o objetivo principal de uma estratégia funcional é dar suporte e tornar exequível a estratégia da unidade de negócios. Embora todas as funções de uma

empresa exerçam influencia sobre a estratégia competitiva de um negócio, o foco nesta tese será dado para a produção, a qual é o objeto de estudo deste trabalho.

A estratégia de produção também pode ser referenciada na literatura como estratégia de manufatura, termos mais antigo, como também, recentemente, denominada de estratégia de operações. Neste trabalho será utilizado o termo estratégia de produção, por ser o mais utilizado na literatura sobre o tema.

O primeiro autor a abordar o tema de estratégia de produção foi Willian Skinner quando percebeu que a relação entre a estratégia da empresa e a de manufatura não era bem compreendida, embora houvesse uma forte dependência entre ambas. Segundo Skinner (1969) a estratégia de produção representa um conjunto de planos e políticas através dos quais a companhia objetiva obter vantagens sobre seus competidores e inclui planos para a produção e venda de produtos para um particular conjunto de consumidores.

Existem diversos entendimentos de estratégia de produção. Para Hayes, Wheelwright e Clark (2004) é um conjunto de objetivos, políticas e restrições auto-impostas que conjuntamente descrevem como a organização se propõe a dirigir e desenvolver todos os recursos investidos nas operações, de forma a melhor executar (e possivelmente redefinir) sua missão.

Segundo Slack *et al.* (2002) a estratégia de produção de cada unidade de negócios contribui fundamentalmente para os objetivos estratégicos do nível imediatamente superior. Além disso, deve interagir com as outras funções da unidade de negócios, que são seus clientes internos. Isto reflete a complexidade que a hierarquia das estratégias encerra, denotando que os três níveis de estratégia se superpõem e influenciam-se mutuamente. Portanto, os dois propósitos de uma estratégia de produção são: contribuir diretamente para os objetivos estratégicos da unidade de negócios e auxiliar outras áreas funcionais.

Os objetivos estratégicos relacionados à produção, também conhecidos como prioridades competitivas, exercem o papel de guia para ações da estrutura e infraestrutura da manufatura, além de permitir a ligação entre a estratégia de produção com a estratégia competitiva.

As prioridades competitivas foram inicialmente identificadas por Skinner (1969) como sendo produtividade, serviço, qualidade e retorno sobre o investimento. Posteriormente foram propostas outras prioridades como, por exemplo, custo, qualidade, confiabilidade e flexibilidade (HAYES e WHEELWRIGHT, 1984; WARD e DURAY, 2000; KATHURIA, 2000; DEMETER, 2003), velocidade (CORREA e

GIANESI, 1993; HILL, 2000; SLACK *et al.*, 2002), adaptabilidade e ciberneticidade (FERNANDES e MACCARTHY, 1999), inovação (DANGAYACH e DESHMUKH, 2003), ético-social (TUBINO, 2007), dentre outras.

O surgimento de novas prioridades competitivas (ou objetivos estratégicos da produção) reflete a evolução do ambiente em que as empresas estão inseridas, principalmente em relação ao mercado cada vez mais exigente por melhorias nos produtos e serviços. Estas necessidades requerem que as empresas estejam realinhando suas estratégias e prioridades competitivas, adequando também os respectivos sistemas produtivos a fim de melhor atender às necessidades dos consumidores.

Apesar das diversas prioridades competitivas identificadas, uma abordagem amplamente utilizada na literatura é a de Garvin (1993), que adota as prioridades como sendo: custo, qualidade, entrega, flexibilidade e serviço. Slack *et al.* (2002) sugerem ainda a prioridade velocidade, porém a rapidez, para Garvin (1993) esta prioridade é considerada dentro do item flexibilidade, conforme detalhado no Quadro 4.

Quadro 5 - Subprioridades competitivas da produção.

Prioridades	Subprioridades
Custo	Custo inicial - o preço ou o custo para se adquirir um produto; Custo operacional - o custo para operar ou usar um produto ao longo de sua vida útil; e Custo de manutenção - o custo para manutenção de um produto ao longo de sua vida útil. Inclui pequenos reparos e reposição de peças.
Qualidade	Desempenho - as características primárias para operação de um produto ou serviço; Características - as características secundárias de um produto ou serviço; Confiabilidade - a probabilidade de um produto ou serviço falhar durante certo período de tempo; Conformidade - o grau em que um produto ou serviço reúne os padrões preestabelecidos; Durabilidade - o número de vezes que um produto pode ser usado antes de deteriorar-se fisicamente ou não ser viável economicamente repará-lo; Nível de serviço - depende da velocidade, da cortesia e da competência dos reparos; Estética - a aparência, o sentimento, o gosto, o cheiro e o som de um produto ou serviço; e Qualidade percebida - o impacto da marca, a imagem da empresa e a propaganda.

Prioridades	Subprioridades
Entrega	<p>Precisão - se os itens corretos foram entregues nas quantidades certas;</p> <p>Compleitude - se os carregamentos (entregas) foram completos na primeira vez ou se houve necessidade de emitir novos pedidos para determinados itens;</p> <p>Confiabilidade - se os produtos foram entregues na data estipulada;</p> <p>Disponibilidade - a probabilidade de ter em estoque certo item no momento da emissão do pedido;</p> <p>Velocidade - o tempo decorrido entre a emissão do pedido e a entrega do produto ao consumidor;</p> <p>Disponibilidade de informação - o grau em que as informações a respeito do transporte estão disponíveis em tempo real;</p> <p>Facilidade de emissão de pedidos - a maneira como a empresa recebe os pedidos (eletronicamente ou não) e informa os itens que estão em estoque;</p> <p>Qualidade - a condição do produto após o transporte;</p> <p>Flexibilidade de emissão de pedidos - se há limites estabelecendo o número mínimo de itens por pedido e selecionando os itens de um pedido isolado;</p> <p>Flexibilidade de transporte - a habilidade de modificar o roteiro de entrega para atender a circunstâncias especiais; e</p> <p>Facilidade de retorno - a disposição de absorver os custos de retorno de um produto e a velocidade com que os retornos são processados.</p>
Flexibilidade	<p>Flexibilidade de produto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Novos produtos - a velocidade com que os produtos são criados, projetados, manufaturados e introduzidos; - Customização - habilidade de projetar um produto para atender às especificações de um cliente particular; e - Modificação - a habilidade de modificar os produtos existentes para atender a necessidades especiais; <p>Flexibilidade de volume</p> <ul style="list-style-type: none"> - Previsões incertas - a habilidade de responder a súbitas mudanças no volume de um produto requerido pelo mercado; e - Aumento de escala de novos processos - a velocidade com que novos processos de manufatura podem variar a produção de pequenos volumes em grandes escalas; <p>Flexibilidade de processo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidade de mix - a habilidade de produzir uma variedade de produtos, em um curto espaço de tempo, sem modificar as instalações existentes; - Flexibilidade de substituição - a habilidade de ajustar as mudanças no mix de produtos no longo prazo; - Flexibilidade de roteiro - o grau em que a sequência de fabricação ou de montagem pode ser modificada se uma máquina ou um equipamento estiver com problemas;

Prioridades	Subprioridades
	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidade de materiais - a habilidade de acomodar variações e substituições das matérias-primas; e - Flexibilidade nos sequenciamentos - a habilidade de modificar a ordem de alimentação dos pedidos no processo produtivo, em razão de incertezas no fornecimento de componentes e materiais.
Serviço	<p>Apoio ao cliente - a habilidade de atender o cliente rapidamente pela substituição de peças defeituosas ou de reabastecimento de estoques para evitar paradas para manutenção ou perdas de vendas;</p> <p>Apoio às vendas - a habilidade de melhorar as vendas por meio de informações em tempo real sobre a tecnologia, o equipamento, o produto ou o sistema que a empresa está vendendo;</p> <p>Resolução de problemas - a habilidade em assistir grupos internos e clientes na solução de problemas, especialmente em áreas como desenvolvimento de novos produtos, projetos, considerando a manufaturabilidade e a melhoria da qualidade; e</p> <p>Informação - a habilidade de fornecimento de dados críticos a respeito de desempenho de produto, parâmetros de processo e custos para grupos internos, tais como P&D, e para clientes que então utilizam os dados para melhorar suas próprias operações ou produtos.</p>

Fonte: Garvin (1993).

A escolha da(s) prioridade(s) competitiva(s) que será(ão) adotada(s) por uma estratégia de produção depende fundamentalmente do grau com que a empresa atenderá às exigências dos clientes. Normalmente existem prioridades mais importantes que outras, além do fato de algumas prioridades impactarem no desempenho das outras.

A escolha de determinada(s) prioridade(s) em relação à(s) outra(s) remete à ideia de *trade off* que foi proposta pela primeira vez por Skinner (1969). Para o autor, os *trade offs* são inerentes aos sistemas de produção e devem ser levados em consideração no projeto dos mesmos, buscando-se concentrar esforços em atingir um número reduzido de prioridades competitivas. Esta ideia também é compartilhada por outros autores (HAYES e WHEELWRIGHT, 1984; MILLER, 1983).

No entanto, existe na literatura atual diferentes pontos de vista com relação à ideia original de *trade off* proposta por Skinner (1969). Uma abordagem totalmente oposta é defendida por Schonberger (1990), Corbett e Wassenhove (1993), e Hill (1988). Estes autores defendem a não existência dos *trade offs*, sendo possível a obtenção de todos os objetivos estratégicos sem a perda em nenhum outro.

Ainda existem mais duas diferentes abordagens com relação ao tema, que defendem a existência dos *trade offs* entre os objetivos estratégicos. A primeira delas afirma que os *trade offs* existem, porém não mais entre certos objetivos, como, por exemplo, entre custo e qualidade (CROSBY, 1979 e GARVIN, 1992). O autor New (1992) aponta ainda outros exemplos de *trade offs* que deixaram de existir: *lead time versus* pontualidade; qualidade (abordagem baseada no produto e no usuário) versus qualidade (abordagem baseada na produção); qualidade (abordagem baseada na produção) versus preço (produtividade).

A última abordagem sobre o tema de *trade offs* entre as prioridades competitivas aponta que estes têm comportamento dinâmico e não mais estáticos como era considerado anteriormente. Assim, podem ser tomadas medidas para que dois aspectos inversamente proporcionais sejam melhorados simultaneamente, dando-se prioridade a um deles. Hayes, Wheelwright e Clark (2004) afirmam que existem *trade offs* de primeiro e segundo grau, sendo que o de primeiro grau tem impacto no presente, e o de segundo grau no futuro. Assim, as escolhas estratégicas realizadas no curto prazo direcionam as operações no presente, e possibilitam estratégias no futuro.

Dentre os autores que defendem a abordagem dinâmica estão Da Silveira e Slack (2001) com a ideia de “mover o pivô”. Segundo os autores as escolhas entre as prioridades funcionam como os dois extremos de uma gangorra, onde a priorização de uma leva ao declínio da outra. Porém a melhora significativa faz com que todas as prioridades elevem seus níveis, elevando também a altura do pivô da gangorra.

Além da abordagem de *trade offs*, existe outra forma de estabelecer o grau de importância entre prioridades competitivas (ou objetivos estratégicos) para a tomada de decisão estratégica. Esta foi desenvolvida pelo professor Terry Hill da *London Business School* (HILL, 1993), na qual propõem que as prioridades competitivas podem ser divididas em critérios ganhadores de pedidos ou qualificadores, conforme a descrição de Slack *et al.* (2002) a seguir.

Os critérios ganhadores de pedidos contribuem diretamente para a realização de um negócio, sendo considerados pelos consumidores como a razões-chave para comprar o produto ou serviço. Assim, podem ser considerados os aspectos mais importantes para a definição da posição competitiva de uma empresa, pois através do aumento do desempenho em um critério ganhador de pedidos resulta em mais pedidos, ou no aumento da probabilidade de ganhar mais pedidos.

Nos critérios qualificadores podem não ser os principais determinantes do sucesso competitivo, porém exige desempenho acima de certo nível para ser considerado pelo cliente. Abaixo do nível qualificador de desempenho a empresa provavelmente não será considerada como “potencial fornecedora” por muitos consumidores. Acima do nível qualificador, será considerada, mas principalmente em termos do desempenho nos critérios ganhadores de pedido. Qualquer melhora nos fatores qualificadores, acima do nível qualificador, provavelmente não acrescenta benefício competitivo relevante.

Os autores Slack *et al.* (2002) acrescentam ainda os critérios menos importantes, ou indiferentes (TUBINO, 2007), os quais nem são ganhadores de pedidos, nem qualificadores, de forma que não influenciam de maneira significativa na decisão dos clientes, porém podem ser importantes para outras atividades da produção.

Tanto a abordagem de Hill (1993) para critérios ganhadores de pedido e qualificadores, como a de *trade offs* originalmente proposta por Skinner (1969), implicam na existência de prioridades competitivas (ou objetivos estratégicos) mais importantes que outras. A opção por privilegiar uma ou outra depende da estratégia de produção adotada, que por sua vez dependerá das características de mercado que a organização opta em atender dentro de sua estratégia competitiva (liderança de custo, diferenciação, ou enfoque) hoje, e no futuro [nota do autor].

Assim sendo, a estratégia produtiva constitui-se de planos, políticas e ações implementados pela função produção da empresa, a fim de atingir as prioridades competitivas (custo, qualidade, entrega, flexibilidade, e serviço) desejadas, em parceria com as demais estratégias funcionais, e na direção apontada pela estratégia competitiva da empresa. As prioridades competitivas privilegiadas por uma organização irão guiar as decisões a serem tomadas no sistema produtivo. Neste sentido, Skinner (1969) identificou cinco áreas de decisão do sistema produtivo, que impactam diretamente na estratégia de produção: i) planta e equipamento; ii) planejamento e controle da produção; iii) mão de obra e estrutura administrativa; iv) projeto do produto/engenharia; v) e organização e administração.

A partir das áreas identificadas por Skinner (1969) e das evoluções dos sistemas produtivos, alguns autores incluíram novos elementos. Hayes, Wheelwright e Clark (1988) sugeriram dez áreas de decisão: capacidade industrial; instalações industriais; tecnologia; integração vertical; recursos humanos; gerência da qualidade; planejamento e controle da produção (PCP); organização; novos

produtos; e medida de desempenho. Além disso, classificam as áreas de decisão em duas diferentes categorias: estruturais e infraestruturais.

As áreas de decisão estruturais exigem altos investimentos e têm impactos de longo prazo, sendo difíceis de ser alteradas como, por exemplo, a ampliação da planta, ou a implantação de um ERP (*Enterprise Resource Planning*) corporativo. Já as áreas categorizadas como infraestruturais estão relacionadas com aspectos mais operacionais do sistema produtivo, com impacto tanto no curto e médio, como no longo prazo. Como exemplos de decisões infraestruturais pode-se citar a contratação e treinamento de colaboradores, ou o desenvolvimento de um novo produto. O Quadro 6 relaciona as áreas de decisão em suas classificações que são adotadas neste trabalho.

Quadro 6 - Áreas de decisão na estratégia de produção.

Classificação	Área de decisão	Descrição das Decisões
Estruturais	Tecnologia	Tipos de equipamentos e sistemas a serem utilizados em cada unidade; grau de automação do processo; forma de ligação entre as plantas
	Capacidade	Capacidade total a ser obtida
	Integração vertical	Os materiais, sistemas e os serviços a serem providos internamente e aqueles que devem ser fornecidos por terceiros; relacionamento com fornecedores.
	Instalações	Número de plantas; localização; e especialização de cada planta necessária para se atingir o volume de produção desejado.
Infraestruturais	Medidas de desempenho	Indicadores de desempenho; e sistemas de recompensa incluindo sistema de alocação de capital
	Organização	A estrutura organizacional, layout, sistemas de controle e remuneração, papel dos grupos de staff
	PCP	Sistemas de planejamento da produção e controle de estoque, políticas de fornecimento, regras de decisão

	Recursos humanos	As políticas e as práticas de recursos humanos, incluindo administração, seleção e treinamento
	Novos produtos	O processo de desenvolvimento de novos produtos
	Qualidade	Os sistemas de controle e garantia da qualidade (prevenção de defeitos, monitoramento, intervenção)

Fonte: Hayes, Wheelwright e Clark (1988).

Como abordado anteriormente, as prioridades competitivas perseguidas por uma empresa em sua estratégia de produção influenciam diretamente nas soluções a serem adotadas dentro das áreas de decisão em um sistema produtivo. O Quadro 7 relaciona as áreas de decisão com as prioridades competitivas especialmente influenciadas pelas decisões tomadas. Este relacionamento foi proposto por Slack *et al.* (2002), e foram adicionadas as áreas de decisão: Medição de desempenho e Organização (HAYES, WHEELWRIGHT E CLARK, 1988), e a prioridade competitiva “serviço”, proposta por Garvin (1993), além dos novos relacionamentos propostos pelo autor desta tese. Os campos adicionados na proposta original de Slack *et al.* (2002) estão destacados em cinza.

As áreas de decisão estão diretamente relacionadas com as configurações e características dos sistemas produtivos. Por esse motivo, neste trabalho, os itens que compõem as áreas de decisão são relacionados com as configurações e característica das linhas de montagem como detalhado no item seguinte.

3.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo tratou da revisão teórica sobre os sistemas de produção e estratégias empresariais. Primeiramente foram revisadas as definições sobre sistemas de produção e algumas classificações encontradas na literatura. Estas classificações estão baseadas em determinadas características dos sistemas produtivos, características estas que visam atender da melhor forma aos objetivos estratégicos determinados pelas empresas.

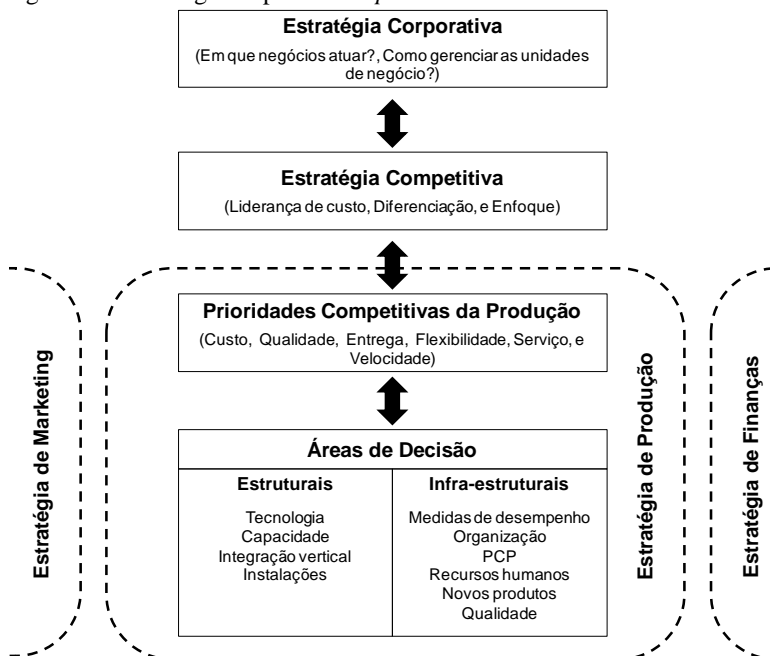
Quadro 7 - Áreas de decisão *versus* prioridades competitivas.

Classificação	Área de decisão	Qualidade	Velocidade	Confiabilidade	Flexibilidade	Custo	Serviço
Estruturais	Tecnologia	x				x	x
	Capacidade		x		x	x	
	Integração vertical (terceirização)		x	x		x	
	Integração vertical (relacionamento com fornecedores)	x		x		x	
	Instalações		x	x	x	x	
Infraestruturais	Medidas de desempenho	x	x	x	x	x	x
	Organização		x		x	x	
	PCP (produção)		x	x		x	
	PCP (estoque)		x	x		x	x
	Recursos humanos	x			x	x	
	Novos produtos	x				x	x
	Qualidade (processo de melhoria)	x	x	x	x	x	x
	Qualidade (prevenção e recuperação de falhas)	x		x		x	

Fonte: Adaptado de Slack *et al.* (2002)

Devido ao impacto das estratégias adotadas pelas empresas no sistema produtivo, foi realizada uma revisão sobre a estratégia empresarial em suas duas principais abordagens, a Visão Baseada em Recursos e a estratégia tradicional (top-down). A abordagem tradicional foi escolhida para embasar esta pesquisa por já estar consolidada, apresentar elementos claros, definidos e mensuráveis, e por estabelecer o relacionamento desde os aspectos de mercado externos às organizações, e seus desdobramentos no ambiente interno da empresa, até chegar às áreas de decisão, que são utilizadas para o estudo das linhas de montagem. A Figura 13 resume os níveis e seus relacionamentos dentro da estratégia empresarial top-down.

Figura 13 - Estratégia empresarial *top-down*



Fonte: desenvolvido pelo autor

A estratégia corporativa define em que negócios atuar e a maneira como a sede vai se relacionar com as diferentes unidades de negócio. Em seguida, cada unidade de negócio define sua estratégia competitiva, basicamente escolhendo o mercado em que irá atuar e a melhor maneira em atendê-lo, escolhendo entre as três principais estratégias competitivas: Liderança de custo, Diferenciação e Enfoque. Estas

estratégias genéricas representam o contexto estratégico em que a empresa se insere no mercado. Por esse motivo elas são tomadas como variáveis de pesquisa que representam a estratégia competitiva das empresas, e são utilizadas ao longo deste trabalho.

Desde a estratégia competitiva do negócio são desdobradas as estratégias funcionais das diferentes áreas: Finanças, *Marketing*, P&D, Produção, e etc. Com o foco na Estratégia de Produção, são definidas as prioridades competitivas da produção que irão direcionar as decisões no sistema produtivo: custo, qualidade, entrega, flexibilidade, serviço e velocidade.

As áreas de decisão identificadas fornecem uma boa base para enquadrar as decisões referentes aos sistemas produtivos, e por consequência às linhas de montagem. Por esse motivo, propõe-se no Quadro 8 algumas questões relacionadas às linhas de montagem, dentro das áreas de decisão. Tais questões requerem uma investigação ampla das linhas de montagem, considerando suas características multidisciplinares, o que ajuda a suprir uma lacuna da literatura no assunto, que geralmente se atém a somente um (ou poucos) aspectos de suas configurações.

O capítulo apresenta uma revisão teórica a respeito da evolução das estratégias de produção, dos modelos de gestão da produção existentes, e da literatura específica sobre linhas de montagem, a fim de extrair informações que compõem um *framework* com alternativas às questões apresentadas no Quadro 8. Este *framework* serve de base para a execução do estudo de múltiplos casos, realizado para investigar como devem ser as soluções de organização e configuração das linhas de montagem para atender às estratégias competitivas.

Quadro 8 - Relacionamento das áreas de decisão com as linhas de montagem.

Áreas de decisão	Aspectos a serem pesquisados
Tecnologia	Que tipos de recursos utilizar (pessoas, máquinas, robôs)? Qual o grau de automatização necessário? Como identificar (rastrear) componentes e produtos? Como controlar o ritmo da linha? Como transportar os produtos na linha?
Instalações	Onde instalar as linhas de montagem? Onde estão fornecedores/clientes? Utilizar centros de distribuição? Quantos tipos de modelos produzir na linha? Quantas linhas adotar? Quanto investir? Qual o retorno sobre os investimentos?

Áreas de decisão	Aspectos a serem pesquisados
Capacidade	Qual a capacidade de produção a linha deve ter? Utilizar a capacidade máxima?
Integração vertical	Quais itens a empresa deve produzir, e quais adquirir de terceiros? Como deve ser o relacionamento com os fornecedores?
Planejamento Programação e Controle de Produção	Qual deve ser a política de atendimento? Como fazer o balanceamento e sequenciamento da linha? Como dimensionar e onde alocar <i>buffers</i> ? Qual tamanho dos lotes? Qual o tempo de ciclo? Onde será o ponto de desacoplamento?
Organização	Que tipo de layout adotar? Como fazer o abastecimento de componentes, quem é o responsável, com que frequência, como dimensionar? Como estabelecer o padrão de trabalho? Como estimar os tempos das operações?
Recursos humanos	Adotar operadores multifuncionais? Qual deve ser o nível de qualificação dos operadores? Quais fatores ergonômicos e de segurança devem ser considerados? Como motivar e capacitar os operadores?
Novos produtos	Qual o grau de customização dos produtos? Existe modularidade de peças e componentes? Existe engenharia simultânea? Qual a complexidade dos produtos? Como será o ciclo de vida dos produtos?
Qualidade	Existem mecanismos de detecção de problemas/defeitos? Como será o monitoramento da qualidade? Existem grupos de melhoria?
Medidas de desempenho	Quais indicadores de desempenho adotar? Quais as metas a serem atingidas?

Fonte: desenvolvido pelo autor

4 MODELOS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO E LINHAS DE MONTAGEM

As evoluções sociais, tecnológicas, e econômicas fazem com que os consumidores tenham diferentes necessidades ao longo do tempo. As empresas precisam estar atentas a estas transformações a fim de oferecer produtos e serviços que atendam às expectativas dos mercados. Internamente a estratégia de produção das empresas define a maneira como estas devem se organizar no sistema produtivo. Neste sentido, foram desenvolvidos, ao longo do tempo, modelos de gestão da produção baseados em conceitos, práticas, e ferramentas a serem adotados. A linha de montagem, e a maneira como ela é configurada, têm um importante papel na concepção e desenvolvimento destes modelos.

Neste capítulo pretende-se identificar o relacionamento entre os modelos de gestão da produção e as características e configurações possíveis das linhas de montagem. Para isso, inicialmente, será feita uma breve revisão sobre a evolução dos requisitos do mercado e seus impactos nas estratégias de produção, através das prioridades competitivas (item 4.1). Na sequência são discutidos os principais modelos de gestão da produção (com foco nas linhas de montagem), desenvolvidos ao longo do tempo, a fim de contribuir com as estratégias de produção para o atendimento às prioridades competitivas (item 4.2).

Em seguida, no item 4.3, é abordada a literatura específica sobre linhas de montagem, com o objetivo de extrair informações de possíveis configurações das linhas de montagem, dentro das áreas de decisão apresentadas no capítulo anterior.

Por fim, no item 4.4, são apresentadas as conclusões do capítulo, e o *framework* de relacionamento entre as áreas de decisão da estratégia de produção e as soluções de organização e configuração das linhas de montagem. Este *framework* constitui uma abordagem ampla das linhas de montagem, a ser utilizada para a aplicação prática a fim de responder a questão de pesquisa formulada.

4.1 EVOLUÇÃO DOS REQUISITOS DO MERCADO E AS PRIORIDADES ESTRATÉGICAS

A partir da revisão da literatura sobre os sistemas produtivos, estratégia competitiva e seus desdobramentos na estratégia de produção, prioridades competitivas e as áreas de decisão, é possível traçar um

referencial de como as estratégias influenciam na função produção, o que inclui as linhas de montagem, foco deste trabalho.

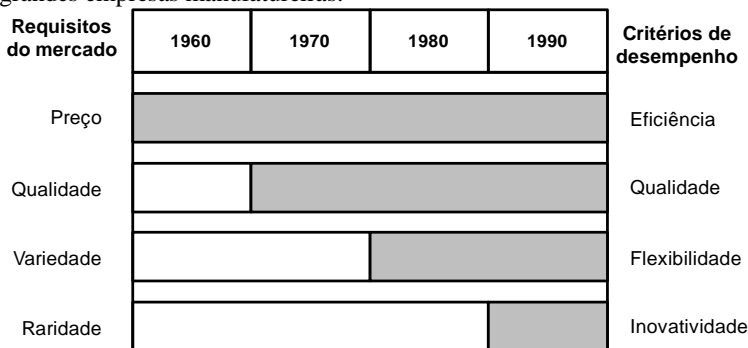
A forma como as empresas competem e suas estratégias de negócio têm evoluído ao longo do tempo (GHEMAWAT, 2002). Cagliano *et al.* (2005) ressalta que a estratégia de produção deve se adequar constantemente às mudanças de demanda no mercado, competição, progresso tecnológico ou a própria estratégia competitiva. Isto porque o padrão de decisões e ações tomadas em cada área de decisão precisa refletir, em longo prazo, as prioridades competitivas estabelecidas na unidade de negócios (SMITH e REECE, 1999; PLATTS e GREGORY, 1990; LEONG *et al.*, 1990). O desenvolvimento de capacitações deve ser feito de acordo com as prioridades competitivas para proporcionar resultados ao longo do tempo (CORBETT e CAMPBELL-HUNT, 2002).

No cenário atual de competitividade crescente, os autores que estudam sua evolução a partir de uma perspectiva histórica argumentam que as competências das grandes empresas evoluem de acordo com as demandas do ambiente competitivo. Os autores Bolwijn e Kumpe (1990) fazem uma analogia da evolução histórica dos requisitos do mercado, e o impacto que estes trazem para as estratégias das grandes empresas de manufatura em termos de prioridades competitivas, ilustrado na Figura 14.

Segundo os autores, até 1970 os esforços gerenciais estavam voltados para a produção em larga escala e por um crescimento quantitativo do mercado. A demanda superava em muito o fornecimento e tudo o que se produzia era vendido. O preço foi o principal critério de sucesso no mercado neste período. As grandes empresas colocavam toda ênfase de mudanças nas áreas de decisões estruturais do negócio, como implementação do conceito de fábrica dentro da fábrica, tecnologia de manufatura e investimento em novas tecnologias.

No início da década de 1970, a competição muda de foco quando os japoneses revolucionaram o mundo produzindo produtos de qualidade e baixo preço. Para os orientais, a qualidade deixa de ser somente atendimento às especificações para focar no atendimento às expectativas dos clientes. Os japoneses criam o conceito de cliente interno, sendo suas necessidades identificadas e atendidas prontamente com o mesmo empenho que de um cliente externo. Começa a existir mais respeito em relação ao fluxo cliente-fornecedor reduzindo significativamente os desperdícios e custos de operação.

Figura 14 - Evolução dos critérios de desempenho e requisitos do mercado das grandes empresas manufatureiras.



Fonte: Bolwijn e Kumpe (1990).

A partir da década de 1980, a competitividade gere novas demandas. As empresas passam a investir em novos produtos, e oferecer um número maior de opções, ou seja, uma maior variedade de produtos para seus clientes. Internamente para as empresas isto se traduziu numa enorme pressão por confiabilidade dos processos, competição em tempo e flexibilidade. Tornou-se necessária uma redução do ciclo de produção, via introdução de novas tecnologias, troca rápida de ferramentas, sistemas integrados de manufatura, pessoas flexíveis e redução de estoques de toda cadeia de suprimento. A nova ordem é competir em tempo e flexibilidade.

Por fim, Bolwijn e Kumpe (1990) afirmam que a partir dos anos 90 a competição sinaliza a necessidade de mudar novamente, as empresas de vanguarda buscam um diferencial no mercado através do processo de inovação, estabelecendo novas demandas de processos de gestão, tais como: equipes multidisciplinares, incentivos e promoção da criatividade, gestão do conhecimento e desenvolvimento da organização do aprendizado.

O atual ambiente de mercado onde os consumidores têm gostos e preferências diferenciados, aliados às constantes e rápidas evoluções em termos de conceitos, tecnologia, moda, entre outros, faz com que as empresas de determinados segmentos busquem, além das tradicionais prioridades competitivas preço e qualidade, a competição baseada em flexibilidade, variedade, rapidez e confiabilidade de entrega dentro de suas estratégias (PAIVA, CARVALHO e FENSTERSEIFER, 2004).

De acordo com Gaither e Frazier (2001), empresas competitivas são as que oferecem os seus produtos com o maior valor agregado pelo

menor custo e com o menor tempo de resposta. Para isto, não basta que as empresas produzam com alta qualidade e baixo custo, mas também precisam ser as primeiras a levar os produtos e serviços aos clientes. Neste contexto surgiu a estratégia competitiva chamada Competição Baseada no Tempo, *Time Based Competition* (TBC), pela qual a empresa opta por competir no mercado pela introdução rápida de novos produtos, através da compreensão das necessidades dos clientes, aliadas à qualidade e custos competitivos (HUM e SIM, 1996).

A TBC foi inicialmente proposta em Stalk (1988), e Stalk e Hout (1990), onde destacam a redução do *lead time* como objetivo primordial de uma organização. Eles enfatizam o tempo como uma vantagem sustentável para a liderança de mercado, e afirmam que o tempo é tão importante quanto o dinheiro, a produtividade, a qualidade e a inovação. Para Booth (1996), essa estratégia de gestão da manufatura enfatiza a redução do tempo de desenvolvimento do produto e de produção como fatores vitais para o aumento da competitividade de uma empresa

Para os autores Schanzer (2000), e Carter, Melnyk e Handfield (1995), as empresas que adotam como estratégia a redução do tempo possuem vantagem competitiva sustentável através da resposta rápida às expectativas dos consumidores, com produtos e serviços melhores e mais rápidos do que os concorrentes. Desta forma o tempo pode ser uma solução para a busca de liderança, ganho de mercado, aumento dos lucros, e posição sustentável frente à concorrência.

Alguns autores sugerem diferentes classificações dentro da estratégia de competição baseada no tempo. De Toni e Meneghetti (2000), por exemplo, dividem a TBC em três tipos: i) foco no produto; ii) foco no processo; ou iii) foco no produto e processo. Para cada um destes diferentes tipos os autores atribuem passos a serem seguidos por empresas que desejam competir com base no tempo. Outra classificação, sugerida pelos autores Carter, Melnyk e Handfield (1995) divide as empresas em competidores rápidos para o mercado (desenvolvimento e fabricação do produto), e competidores rápidos para o produto (colocação de uma ordem até a sua entrega). Além da classificação os autores apresentam sete pontos fundamentais para alcançar a TBC, a saber: i) simplificação do sistema; ii) integração do sistema; iii) padronização; iv) atividades paralelas; v) controle de variância do processo; vi) automação; vii) excesso de recursos.

Blackburn (1991) cita que o TBC deve implantar uma série de métodos destinados a reduzir o tempo de resposta aos clientes. Neste sentido, as empresas têm adotado técnicas eficientes de projeto, além de manufatura flexível, e entrega rápida, a fim de reduzir simultaneamente

tempos de desenvolvimento, produção e entrega, e oferecer mais variedade aos clientes (BLACKBURN *et al.*, 1992).

Outros autores também dão sua contribuição de como atingir a velocidade no sistema produtivo (WILLIS, 1998; DUMANINE, 1989). Como pode ser visto, não há um consenso na literatura a respeito da estratégia de competição baseada no tempo e seus métodos, o que existe são diferentes pontos de vista de como reduzir o tempo para os consumidores.

A partir da evolução da competitividade e consequente necessidade da adequação das estratégias às prioridades competitivas para atender os requisitos do mercado, surgiram os modelos de gestão da produção. Estes modelos foram desenvolvidos ao longo do tempo a fim de estabelecer práticas, conceitos, e padrões de trabalho que possibilitem um bom desempenho da produção para o atendimento às estratégias das empresas. Hayes e Pisano (1994), entre outros autores, afirmam que a estratégia de produção não deve ceder lugar às práticas do modelo classe mundial (modelo vigente na época) como se estas constituíssem uma panaceia para todos os problemas das empresas. Ao contrário, os autores afirmam que este deve ser implementado como passos consecutivos a uma direção estratégica desejada. Desta forma, a estratégia de produção deve buscar construir competências necessárias para a empresa no futuro.

Assim sendo, o termo modelo de gestão da produção será adotado, pois é o que melhor se adéqua ao conteúdo desta tese, onde um modelo de gestão da produção fornece um conjunto de práticas, conceitos, e princípios a serem adotados para a gestão da produção alinhada com a estratégia de produção, a fim de atender aos objetivos estratégicos traçados pra determinadas características de mercado. A seguir é apresentada uma breve evolução dos modelos de gestão da produção.

4.2 MODELOS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO

A primeira forma organizada de produzir bens surgiu no final do período feudal, através da produção artesanal. Nesta época o trabalho era realizado em oficinas sob a coordenação do mestre-artesão que detinha todas as habilidades do processo produtivo desde a concepção de projeto até a distribuição (PARK *et al.*, 1997). Do século XVI ao XVIII o artesão da idade média tende a desaparecer e, em seu lugar, surgem os assalariados que dependem do capitalista mercador, que

investe na compra de matérias-primas e revende ao mestre artesão, revelando o surgimento de um novo modelo econômico, o capitalismo.

A indústria automobilística surgiu em 1880 utilizando métodos artesanais, onde a produção e montagem eram realizadas por grupos de artesão habilidosos que fabricavam uma pequena quantidade de carros utilizando máquinas de uso geral para atender às necessidades exatas dos clientes, ou seja, produtos altamente customizados. No entanto, com o baixo volume de produção, e alto custo dos automóveis, não foi possível suprir a demanda existente, fazendo necessária uma nova estratégia com um novo modelo de gestão da produção.

A produção em massa veio para substituir o antigo modelo de produção artesanal. Através da padronização do projeto do automóvel, peças intercambiáveis, processos mais confiáveis, e divisão das tarefas de trabalho. Henry Ford, em 1913, desenvolveu a linha de montagem de acionamento mecânico, aumentando a produtividade e reduzindo custos produtivos. Com isso Ford conseguiu reduzir o preço dos automóveis tornando-os acessíveis às massas e estimulando o consumo. Nesta época o fator custo era preponderante a outros fatores como variedade e qualidade.

Alfred Sloan da *General Motors* (GM) aprimorou o conceito de produção em massa concebido por Ford, trazendo maior variedade de produtos e a descentralização das atividades administrativas. Contudo, o modelo de produção em massa viu seu declínio a partir de meados do século XX através da concorrência estrangeira, principalmente dos orientais, que traziam produtos mais competitivos.

No Japão, a empresa Toyota conseguiu oferecer produtos mais competitivos para o mercado de automóveis, principalmente através das inovações realizadas no sistema produtivo. Este novo modelo de gestão da produção foi originalmente chamado de Sistema Toyota de Produção (STP). Ao contrário do modelo de produção em massa, o STP buscava a flexibilidade do sistema produtivo através da produção em pequenos lotes variados. Com isso conseguiu reduzir os custos, obter maiores níveis de qualidade e variedade de produtos. O STP veio a ser conhecido posteriormente como Manufatura Enxuta, e passou a ser adotado nos mais diversos setores da indústria por todo o mundo.

A evolução dos três modelos de gestão da produção abordados (produção artesanal, produção em massa, e manufatura enxuta) tem forte influência no desenvolvimento e evolução das linhas de montagem e seus aspectos. Por esse motivo a evolução destes modelos é mais bem detalhada nos itens 4.2.1 e 4.2.2, a fim de extrair informações relevantes

para compor o *framework* que serve de base para os estudos de múltiplos casos desta pesquisa.

Com o notório sucesso do modelo japonês de produção, e a decadência da produção em massa, surgiram novas abordagens de modelos de gestão da produção a fim de direcionar as estratégias das empresas americanas a recuperar a competitividade. Na década de 1970, Skinner (1974) propõe o modelo de fábrica focada, através de seu artigo “*The focused factory*”, onde propõe que as empresas podem atender a todas as prioridades competitivas ao mesmo tempo, devendo escolher algumas em detrimento de outras, entra aí a ideia dos *trade offs*, anteriormente abordada.

Skinner (1974) aponta algumas medidas de desempenho como: ciclos curtos de entrega, qualidade e confiabilidade de produto, datas confiáveis de entrega, habilidade em produzir rapidamente novos produtos, flexibilidade de volume, baixos investimentos com altos retornos e baixos custos; além de afirmar que certas medidas devem ser priorizadas em relação a outras devido a limitações de equipamentos e tecnologia de processo.

Outro modelo de gestão da produção, surgido na década de 1980, foi proposto por Hayes e Wheewright (1984), denominado *World Class Manufacturing* (WCM), ou Manufatura Classe Mundial. Este modelo foi concebido através da análise de empresas japonesas, alemãs, e algumas americanas bem sucedidas, que conseguiam obter bons resultados no mercado de exportação. Alemanha e Japão conseguiam exportar na década de 1980 cerca de 50% de sua produção interna, sendo que os Estados Unidos exportavam apenas 10%, demonstrando o grande potencial competitivo destes países.

Hayes e Wheewright (1984) encontraram aspectos de gestão semelhantes nas empresas competitivas, que foram transformados em seis princípios: melhoria na capacidade e nas competências da força de trabalho; competência técnica gerencial; competição através da qualidade; participação da força de trabalho; desenvolvimento de máquinas específicas com ênfase na manutenção; e melhoria contínua incremental. Os seis princípios propostos estão fortemente baseados em características do STP. Schonberger (1986) estudou o modelo japonês de gestão da produção e documentou-o em seu livro *World Class Manufacturing*, onde descreveu o sistema produtivo classe mundial.

A partir de então surgiram na literatura diversas publicações discutindo os aspectos da WCM, principalmente sugerindo atributos e princípios a serem seguidos para uma empresa se tornar classe mundial, como os trabalhos dos autores Sipper e Bulfin (1997), Hayes,

Wheelwright e Clark (1988), Schonberger (1986, 1990, 1996), Giffi *et al.* (1990), e Flynn *et al.* (1999).

Os autores Fry, Steele e Saladin (1994), que defendem o modelo de gestão WCM, afirmam que para uma empresa estar apta a competir no mercado internacional deve buscar simultaneamente altos padrões de qualidade, custo, pontualidade e desempenho de entrega, ao contrário do que sugere Skinner (1974) com seu modelo de fábrica focada baseado nos *trade offs*. O modelo de gestão da produção classe mundial serviu de referência por muitas empresas, principalmente aquelas que buscavam competir no mercado internacional. A partir da década de 1990, e até os dias de hoje, surgiram outros modelos de gestão da produção, voltados principalmente para o atendimento das necessidades exatas dos consumidores, através da oferta de maior variedade e customização de produtos, que devem ser desenvolvidos, produzidos e entregues rapidamente.

Os três principais modelos de gestão da produção que surgiram recentemente na literatura são: a Customização em Massa (CM); a Manufatura Ágil (MA); e o *Quick Response Manufacturing* (QRM). Diferentemente dos modelos de produção em massa, e de manufatura enxuta que foram concebidos e desenvolvidos a partir sistemas de produção reais, os modelos de Customização em Massa e Manufatura Ágil foram propostos como sendo uma abordagem apropriada para a gestão da manufatura em certos ambientes de mercado. Por esse motivo existem diferentes conceituações, definições e até controvérsias, para estes temas, de acordo com o ponto de vista dos diferentes autores.

O primeiro autor a sugerir o modelo de Customização em Massa (CM) foi Stanley Davis, em 1987 através de seu livro “O Futuro Perfeito” (DAVIS, 1987). Posteriormente Pine (1993) define a customização em massa como a habilidade de prover produtos e serviços desenvolvidos individualmente para cada consumidor através da agilidade, flexibilidade e integração.

O termo manufatura ágil surgiu pela primeira vez em 1991 e foi cunhado por um grupo de pesquisadores do *Iaccoca Institute* da Universidade de Lehigh. Os autores afirmavam que um novo ambiente de manufatura estava surgindo, marcado pelas incertezas e mudanças constantes no mercado (GOLDMAN *et al.*, 1991).

Para atuar neste ambiente turbulento, Yusuf e Gunasekaran (1999), descrevem a Manufatura Ágil como a exploração bem sucedida de bases competitivas (velocidade, flexibilidade, inovação pró-ativa, qualidade e lucratividade) através da integração de recursos flexíveis e melhores práticas em um ambiente rico em conhecimento para prover

produtos e serviços direcionados ao consumidor, em um ambiente de rápida mudança no mercado. Um maior detalhamento dos modelos de customização em massa e manufatura ágil é apresentado no item 4.2.3.

Por fim, o modelo de gestão denominado *Quick Response Manufacturing* (QRM) surge como uma proposta para atuar dentro da estratégia de Competição Baseada no Tempo (TBC), discutida anteriormente. Este modelo foi proposto inicialmente por Suri (1998) e tem como objetivo principal a redução do *lead time* produtivo em um ambiente de grande variedade e customização de produtos. O modelo de QRM proposto por Suri (1998) está fortemente baseado nos conceitos de layout celular e programação puxada da manufatura enxuta, como pode ser visto no item 4.2.4.

Os modelos de gestão da produção citados foram desenvolvidos a fim de atender a determinadas necessidades dos mercados, portanto têm relação direta com as estratégias competitivas (genéricas) identificadas no capítulo anterior. Na medida em que varia o volume e a variedade/customização exigidas pelos consumidores, existem modelos de gestão da produção que melhor respondem à estas necessidades, e fornecem algumas soluções de configurações em termos de linhas de montagem. O contexto estratégico em que se inserem estes modelos é apresentado na Figura 15.

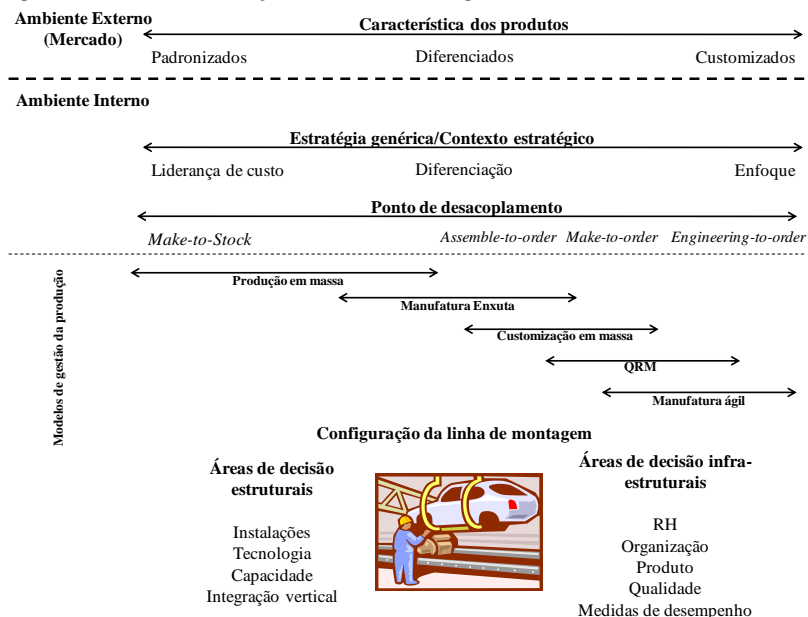
A partir desta breve introdução sobre os principais modelos de gestão da produção, a seguir, será dado um maior enfoque para cada modelo, a fim de serem extraídas informações relevantes sobre as características e configurações das linhas de montagem, que servirão de base para esta pesquisa. A ordem de apresentação dos modelos segue a sequência cronológica de desenvolvimento dos modelos. Primeiramente os modelos de produção artesanal, produção em massa, e manufatura enxuta, serão detalhados com base na evolução da indústria automobilística, onde foram desenvolvidos originalmente. Em seguida, os modelos de customização em massa, manufatura ágil e *quick response manufacturing* são apresentados.

4.2.1 Produção artesanal a produção em massa

A indústria automobilística teve seu gênese aproximadamente na década de 1880 na Europa, através da produção do primeiro carro comercialmente viável na França. Este automóvel foi construído pela empresa P&L, Panhart e Levassor, que inicialmente fabricava serras para metais. A partir de 1887 a empresa obteve a licença para produzir motores a gasolina de “alta velocidade”, e em 1894 era a principal

companhia automobilística do mundo (WOMACK, JONES e ROOS, 1990).

Figura 15 - Contextualização dos modelos de gestão.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Nesta época a produção de carros era feita com a utilização de técnicas artesanais de produção e montagem, realizadas por grupos de artesão habilidosos que montavam a mão uma pequena quantidade de carros. Estes trabalhadores conheciam no detalhe os materiais e processos de produção e muitos trabalhavam como terceirizados independentes de instalações fabris para atender às encomendas específicas. A comercialização dos veículos não era realizada em revendas, mas pelos próprios proprietários e assistentes, que tentavam extrair as informações exatas das necessidades e desejos de cada consumidor, a fim de encomendar as peças necessárias para a montagem do produto final.

Dadas as limitações tecnológicas da época em termos de maquinário (de uso geral), e inexistência de um sistema de metrologia, as peças encomendadas frequentemente chegavam para a montagem com as especificações de medidas aproximadas, tornando-se difíceis de serem encaixadas umas nas outras, o que exigia dos montadores um grau

de habilidade e experiência avançadas, a fim de montar o veículo completo em estações de trabalho fixas. Estas características tornavam impossível a produção de veículos idênticos, fazendo com que as empresas automobilísticas artesanais focassem no atendimento exato dos desejos do comprador e na perfeição do trabalho artesanal executado.

Além disso, o emprego de mão de obra altamente especializada e o baixo volume de produção e montagem encareciam os automóveis da época, o que atraía apenas os clientes mais afortunados que tinham seus próprios motoristas e mecânicos. Estes privilegiavam a velocidade do veículo e a customização do mesmo segundo seus desejos, ao invés do custo, facilidade de dirigir e manter.

Em virtude das características citadas da manufatura artesanal de automóveis no fim do século XIX e início do século XX, era difícil uma empresa deter grande fatia do mercado, pois a demanda era pulverizada entre as diversas companhias existentes na época. Em 1905 existiam centenas de produtores na Europa Ocidental e América do Norte fabricando e montando automóveis com técnicas artesanais e em pequenas quantidades (WOMACK, JONES e ROOS, 1990). Nesta época a produção artesanal atingiu seu auge e limite de expansão. Com um projeto global de veículos que seguia a mesma tendência, com automóvel familiar, de quatro rodas, motor frontal e combustão interna. Faltava às empresas inovações tecnológicas, e métodos de trabalho e pesquisa mais avançados, com testes sistemáticos, a fim de prover maior confiabilidade e durabilidade do produto, além de propiciar ganhos em produtividade.

Neste contexto, Henry Ford, em 1913, desenvolveu a primeira linha de montagem com acionamento mecânico para a produção do automóvel Ford Modelo T (DUGUAY, LANDRY e PASIN, 1997). Através desta concepção de sistema produtivo, Ford obteve ganhos significativos em termos de produtividade, redução de custos, e qualidade. Nasce aí o conceito de produção e consumo em massa, marco da segunda revolução industrial (PIORE e SABEL, 1984).

O grande avanço de Ford para a produção em massa não foi a implantação das linhas de montagem em si. Mas os avanços em termos de padronização de projeto do automóvel e do processo produtivo (WOMACK, JONES e ROOS, 1990).

O projeto do Modelo T desenvolvido por Henry Ford foi o vigésimo em um período de cinco anos. Concluído em 1908, foi uma evolução dos modelos anteriores, no qual Ford conseguiu projetar um automóvel voltado para a manufatura, além de propiciar maior

facilidade de manutenção e direção por parte dos usuários, despendendo a necessidade de motoristas ou mecânicos, e ganhando de uma só vez maior produtividade e a preferência do mercado consumidor.

O primeiro automóvel produzido em massa foi desenvolvido em nove diferentes versões, entre conversível, carro de passeio, sedan e caminhão com compartimento de carga, todos produzidos sobre o mesmo chassi. Desde que foi lançado para o mercado seu preço de mercado foi reduzido ininterruptamente, principalmente devido ao aumento no volume de produção, o que reduzia os custos, e por sua vez gerava volumes ainda maiores.

O projeto revolucionário, para a época, era dotado de extrema padronização e intercambiabilidade das peças. Além disso, Ford trabalhou fortemente a questão da padronização das medidas no processo produtivo dos componentes, tornando mais fáceis os ajustes entre eles na montagem. Estas duas medidas importantes possibilitaram a eliminação da grande quantidade de trabalhadores altamente qualificados na linha de montagem, o que impactava no custo, além de diminuir tempo e esforço da atividade.

Em 1903 Ford introduziu a montagem dos carros em plataformas fixas de montagem, onde praticamente um único operador adquiria as peças necessárias e as ajustava no veículo em construção. Neste método de trabalho, antes da introdução do Modelo T, o ciclo de trabalho dos montadores especializados era de 514 minutos (ou 8,56 horas). Para melhorar a produtividade na montagem, um primeiro passo foi o de levar as peças até as plataformas, evitando perdas em deslocamentos, e permitindo que os trabalhadores executassem somente a atividade de montagem ao longo de todo o dia de trabalho (WOMACK, JONES e ROOS, 1990).

Com o avanço da intercambiabilidade e padronização das medidas das peças componentes do Modelo T, em 1908, Ford alterou o método de trabalho dos operadores. Cada montador passou a executar uma única tarefa, movimentando-se entre as plataformas fixas de montagem. Com isso os operadores especializaram-se em uma determinada tarefa ganhando em agilidade.

A base conceitual para esta mudança fez uso dos Princípios de Administração Científica propostos por Frederic Taylor (TAYLOR, 1911). Este recomendava que as tarefas a serem executadas no trabalho fossem divididas em operações simples e repetitivas. Dessa forma, o nível de qualificação exigido para a mão de obra era baixo, pois facultava ao operador a necessidade de conhecimentos diferenciados para exercer suas funções (MORGAN, 1986).

Com os ganhos obtidos através da divisão do trabalho, Ford elevou drasticamente os índices de produtividade comparados ao padrão da indústria automobilística artesanal. O tempo de ciclo médio de cada montador foi reduzido de 514 para 2,3 minutos.

O passo seguinte no avanço de Henry Ford foi dado em 1913, quando Henry Ford, para reduzir a movimentação dos montadores entre uma estação de trabalho e outra, implantou a linha de montagem de fluxo contínuo, onde o automóvel era movimentado em direção ao trabalhador estacionário. Este novo sistema produtivo permitiu um ganho ainda maior em termos de produtividade, diminuindo-se o ciclo de trabalho médio dos 2,3 para 1,19 minutos (WOMACK, JONES e ROOS, 1990).

A iniciativa de baixo custo da linha de montagem permitiu não somente o aumento drástico da produção, mas também proporcionou a redução dos investimentos em estoques parados de peças para a montagem. O custo do automóvel foi reduzido em dois terços, percebendo-se que quanto mais se produzia, mais o custo por veículo caía, o que motivou ainda mais a produção e montagem de grandes lotes, em massa. Com a redução dos custos de produção e os ganhos em termos de facilidade de manutenção, Ford criou um produto viável de ser adquirido por grande parte da população americana, estimulando dessa forma o consumo em massa. Dessa forma Ford assumiu a liderança mundial da indústria automobilística, praticamente eliminando as empresas de produção artesanal, incapazes de concorrer com as vantagens advindas da produção em massa (WOMACK, JONES e ROOS, 1990).

Na produção artesanal, a força de trabalho empregada era altamente qualificada e exercia diversas atividades na montagem, incluindo reparos de peças, ajustes necessários e a própria inspeção de qualidade antes de despachar o veículo pronto. Já na linha de montagem de produção em massa eram empregadas milhares de pessoas de diversas regiões e países que, muitas vezes, nunca trabalharam em uma fábrica. Por isso, para que esta mão de obra fosse efetiva na produção em massa, executava tarefas curtas e repetitivas, como, por exemplo, apertar algumas porcas e parafusos, atividades que não exigiam nenhuma habilidade especial. Dessa forma, para preparar um montador para a linha de montagem eram necessários apenas alguns minutos de treinamento e estes poderiam ser substituídos com facilidade.

A especialização da força de trabalho não era exclusividade dos operadores da linha de montagem de Ford, mas também podia ser observada nas demais atividades, como, por exemplo: na limpeza dos

postos de trabalhos com faxineiros; na manutenção das ferramentas na linha com mecânicos especializados; na verificação da qualidade com inspetores; nos reparos e retrabalho ao final da linha com mão de obra especializada; nas tarefas mal executadas ou falhas que eram fiscalizadas por supervisores. Tal especialização das funções levava a um grande número de trabalhadores indiretos pouco qualificados no processo produtivo, realidade esta que não existia na produção artesanal.

Ao desenvolver a linha de montagem em 1913, em *Highland Park*, Ford utilizava os serviços de terceiros para fornecer as peças componentes, motores, e chassis na montagem final. No entanto, com o sucesso de suas descobertas Ford passou a produzir internamente grande parte dos componentes do automóvel, desde as matérias-primas básicas. Esta estrutura organizacional é chamada de integração vertical, que veio a ser atingida completamente em 1927 no complexo de *Rouge*, em Detroit. Sua ideia era eliminar completamente o auxílio externo (WOMACK, JONES e ROOS, 1990).

Ford buscava a completa integração vertical, pois havia aperfeiçoado técnicas de produção em massa na linha de montagem, e começou a praticá-la também para as peças componentes, reduzindo boa parte de seus custos se fizesse tudo internamente. Além disso, a exigência de tolerâncias cada vez menores em termos de medidas de peças e cronogramas de entrega com prazos cada vez menores, levaram Ford a preferir fabricar tudo internamente ao invés de depender dos fornecedores e do mercado.

Para produzir as peças intercambiáveis a um baixo custo, os engenheiros desenvolviam máquinas e ferramentas capazes de produzir em grandes volumes e com baixo custo de preparação, ou *setup*. Para isto Ford investiu em máquinas capazes realizar uma só tarefa de cada vez, com instrumentos e suportes simples e automatizados que favorecesse a utilização de operador com pouca qualificação para o trabalho, mantendo a ideia de especialização, e também da necessidade de pouco treinamento para a força de trabalho.

As máquinas e ferramentas desenvolvidas eram altamente precisas e capazes de produzir em grande quantidade, com qualidade e a um baixo custo. Para isto fez uso da automatização e dedicação dos recursos para produzir um único item, perdendo em flexibilidade, pois era necessário muito tempo e dinheiro caso fosse preciso um ajuste na peça, ou a inclusão de uma nova tarefa. Esta concepção para as máquinas e ferramentas da produção em massa contrastava fortemente com a realidade da produção artesanal, onde as máquinas eram multifuncionais e capazes de produzir diversas peças. Para manusear tais

máquinas eram necessários operadores habilitados que produziam pouco volume de variadas peças.

Uma grande evolução para o modelo de produção em massa estabelecido por Ford veio através de Alfred Sloan, presidente da *General Motors*, com suas evoluções gerenciais e de *marketing*. Alfred Sloan assumiu a presidência da General Motors (GM) após a depressão de 1920 nos Estados Unidos, com a incumbência de administrar a empresa em um período crítico e elevá-la para a liderança no mercado de automóveis. Para isto Sloan focou em dois principais pontos a serem melhorados na produção em massa estabelecida por Ford.

O primeiro deles dizia respeito à forma de administração estabelecida no gerenciamento dos negócios. Ford desenvolveu a empresa, e sua estrutura intensamente verticalizada, porém com falhas na organização e administração do sistema como um todo, considerando as fábricas, operações e *marketing*. Para resolver este problema Sloan separou os negócios em divisões descentralizadas administradas por gerentes gerais, que se reportavam a ele e aos executivos seniores. Assim, os centros de lucro da companhia eram supervisionados através de relatórios e dos resultados apresentados. Em havendo algum problema de desempenho a supervisão geral tomava as providências necessárias, trocando o gerente geral se necessário. Esta forma de gestão foi aplicada inclusive para as filiais estrangeiras da GM, que funcionavam como companhias próprias supervisionadas pela matriz, em Detroit (WOMACK, JONES e ROOS, 1990). No que diz respeito à especialização das tarefas presente na produção em massa, Sloan ampliou seus limites para os níveis administrativos, criando as profissões de gerente financeiro e especialistas em *marketing* além da profissão de engenheiro.

O segundo ponto a ser melhorado na concepção de produção em massa desenvolvido por Ford, dizia respeito à baixa variedade de veículos oferecidos ao mercado. Sloan percebeu que um único modelo não atendia às necessidades e desejos de todos os consumidores, e desenvolveu cinco diferentes modelos de produtos, com diferentes faixas de preços. Dessa forma conseguiria atrair compradores de diferentes níveis de renda, adaptando o produto às suas necessidades.

A fim de tornar viável este aumento da variedade de produtos para o mercado, Sloan padronizou diversas peças e componentes em todas as linhas de produtos oferecidas, o que facilitava a montagem por parte dos operadores especializados, e mantinha o volume de produção nas máquinas e ferramentas dedicadas, o que reduzia os custos. Além disso, eram realizadas alterações periódicas na aparência externa dos

veículos e oferecidos acessórios para manter o interesse dos consumidores pelos produtos da GM.

As inovações de Sloan em termos de gestão administrativa e marketing trouxeram grandes avanços para a indústria automobilística de produção em massa. A partir da linha de montagem desenvolvida por Ford, e seu indiscutível sucesso na sociedade capitalista de consumo massivo até meados do século XX, as linhas de montagem foram amplamente adotadas para os bens duráveis complexos, inicialmente na indústria automobilística e produtos elétricos e, posteriormente, na indústria de produtos eletrônicos (PIORE e SABEL, 1984). No entanto, nas linhas de montagem não foram feitas grandes alterações em termos de método de trabalho, mantendo-se a ideia taylorista de trabalho repetitivo e operadores substituíveis. Além do mais, as constantes oscilações do mercado em termos de aumento e queda de demanda forçavam as empresas a demitir e contratar pessoas, o que prejudicava a classe trabalhadora.

Estes fatos contribuíram para o descontentamento da força de trabalho das linhas de montagem, o que ajudou a fortalecer os movimentos sindicais da indústria automobilística da época. Tais movimentos passaram a interferir diretamente nas regras de funcionamento do trabalho, principalmente com relação à remuneração salarial, demissões e contratações e tarefas, o que acabou impactando na eficiência da produção em massa. Desenvolvido com base na força de trabalho de milhares de operadores pouco qualificados e da imigração estrangeira, o modelo de produção em massa e sua linha de montagem teve seu declínio a partir de meados de 1950 e início da década de 1970, período que foi chamado de “crise do processo de trabalho” nos países ocidentais (BOWRING, 2002). Este se deu principalmente devido à postura da classe operária em não aceitar mais as condições de trabalho a eles impostas. Os trabalhadores, em sua maioria, jovens, desenvolveram novas expectativas no que diz respeito: à remuneração justa e reconhecimento profissional; desempenho de tarefas que envolvessem maior grau de comprometimento; e que tipo de vida levariam, considerando os aspectos fora do trabalho.

O descontentamento da classe trabalhadora também afetou o comportamento dos operários em suas atividades na linha de montagem, tornando-os inquietos e instáveis, o que prejudicou diretamente o desempenho da produção. Desmotivados, faltavam frequentemente, aumentando o índice de absenteísmo. Outro ponto afetado foi a qualidade da produção. Aumentou o índice de retrabalho, e houve diversos relatos de sabotagem, nos quais operários prejudicavam

intencionalmente a produção, como por exemplo, com riscos na pintura e cortes nos estofamentos (MORAES NETO, 1998).

Em suma, o modelo de linha de montagem idealizado por Ford, e responsável por ganhos significativos em produtividade e redução de custos no início do século XX, via seu declínio cinquenta anos depois. Em virtude das mudanças sociais e econômicas da época, e consequente transformação do pensamento do trabalhador com relação à forma de encarar o trabalho e a vida, o que tornou inviável a manutenção dos ganhos obtidos. Em contrapartida caíram os índices de produtividade e qualidade, aumentando os custos produtivos. Como consequência aumentou a insatisfação dos clientes e perdeu-se mercado frente aos concorrentes, principalmente para as empresas orientais. Estas se destacavam por desenvolver uma concepção de sistema produtivo superior à produção em massa, utilizando a capacidade intelectual dos colaboradores da empresa, e ganhando em qualidade, custo, e redução dos ciclos de comercialização (MARTIN, MITCHELL e SWAMINATHAN, 1994).

Na próxima subseção será apresentado o modelo de gestão da produção que conferiu aos orientais o aumento da concorrência frente aos produtores em massa do ocidente. A empresa pioneira nesse modelo foi a automobilística Toyota que desenvolveu o Sistema Toyota de Produção, e posteriormente foi difundido como manufatura enxuta.

4.2.2 Sistema Toyota de Produção e Manufatura Enxuta

A *Toyota Motor Company* foi fundada em 1937, em Nagoya, Japão, por membros da família Toyoda. No início a empresa adotava técnicas de produção artesanais para produzir principalmente caminhões militares para a guerra. Ao final de 1949, com a queda acentuada das vendas devido à limitação de crédito no Japão, a empresa enfrentou uma forte crise, que culminou com a demissão de grande parte dos funcionários, e, após longo período de greve, a renúncia do então presidente da empresa Kiichiro Toyoda, que assumiu a responsabilidade pela crise instalada. A liderança da empresa foi passada para seu sobrinho Eiji Toyoda juntamente com a responsabilidade de alcançar as empresas americanas em produtividade no período de três anos.

Após conhecer as instalações da fábrica Rouge da Ford, em 1950, Eiji Toyoda concluiu ser possível melhorar o sistema de produção da empresa, porém a simples cópia do modelo de produção em massa não seria viável para a Toyota devido a algumas características particulares (WOMACK, JONES e ROOS, 1990):

- Mercado doméstico limitado, com consumidores de características e necessidades variadas;
- Mão de obra nativa e fortalecida pelos sindicatos, únicos por empresa;
- Economia enfraquecida pela guerra e sem condições de importar tecnologia de ponta;
- Empresas estrangeiras visando o mercado japonês e a instalação de plantas em seu território.

Tais características fizeram com que Eiji Toyota, com a ajuda do engenheiro Taiichi Ohno, criassem uma forma própria de organizar o processo produtivo, desenvolvida de maneira experimental no chão de fábrica, que ficou conhecida como Sistema Toyota de Produção (STP) e revolucionou a indústria automobilística através da oferta de veículos mais competitivos que os produzidos em massa pelas empresas do ocidente. Segundo Ohno (1988), o objetivo do STP foi produzir muitos modelos em pequenas quantidades e a custos baixos, e dessa forma atender a variedade exigida pelo mercado. Este utiliza os conceitos básicos do sistema Taylor de trabalho padronizado (Administração Científica) e o sistema Ford, de fluxo contínuo (Linha de Montagem em Massa), e tem como meta principal a redução de custos através pela eliminação completa de elementos desnecessários na produção (MONDEN, 1983), os desperdícios.

A eliminação dos desperdícios, segundo Ohno (1988), é fundamentalmente a base do Sistema Toyota de Produção. Ele define como desperdício tudo aquilo que não é necessário para o trabalho, ao passo que a verdadeira melhoria na eficiência surge quando se produz zero desperdício elevando a porcentagem real de trabalho para 100%. Dessa maneira deve-se reduzir a força de trabalho para corresponder apenas à quantidade necessária de produção. Define ainda que o passo preliminar do STP consiste em identificar completamente os desperdícios:

- Desperdício de superprodução;
- Desperdício de tempo disponível (espera);
- Desperdício em transporte;
- Desperdício do processamento em si;
- Desperdício de estoque disponível (estoque);
- Desperdício de movimento;
- Desperdício de produzir produtos defeituosos.

Monden (1983) enumera ainda três submetas para o STP, sem as quais a redução de custos não poderia ser alcançada, quais sejam:

- Controle de Quantidade, que envolve a capacidade do sistema em se adaptar às flutuações diárias e mensais da demanda em termos de quantidade e variedades;
- Qualidade Assegurada, o que garante que cada processo será suprido somente com unidades boas para os processos subsequentes;
- Respeito à Condição Humana, que deve ser cultivado enquanto o sistema utiliza o recurso humano para atingir seus objetivos de custo.

Nota-se, através destes três pontos, significativas diferenças com relação às características do STP e o sistema de produção em massa apresentado anteriormente. O primeiro ponto trata do controle da quantidade e variedade a ser produzida. Na produção em massa privilegiava-se o volume de produção, ou seja, a produção de grandes lotes com pouca variedade de itens. Através da produção em escala de poucos itens conseguiria se reduzir os custos produtivos.

No Sistema Toyota de Produção, a ideia é produzir em pequenas quantidades de itens variados, conforme a demanda estabelecida pelo cliente. Desta forma, o custo seria reduzido através da eliminação de excessos de inventários e mão de obra. Esta ideia remete ao conceito de *Just in time* (JIT), um dos pilares do STP, que significa produzir as unidades necessárias em quantidades necessárias no tempo necessário (MONDEN, 1983).

A segunda submeta mencionada por Moden diz respeito à qualidade dos itens produzidos no processo, a qual, na Toyota os erros e problemas de qualidade devem ser identificados e corrigidos no momento em que eles acontecem, e não passados adiante. Enquanto que na produção em massa a ordem era não parar o processo, resultando em grandes quantidades de itens defeituosos, e veículos ao final da linha de montagem para serem reparados. Além disso, há o fato que o problema de qualidade, ou erro, não seria resolvido e voltaria a ocorrer. A preocupação com a qualidade está relacionada ao conceito de Autonomia, ou *Jidoka*, segundo pilar do STP, que significa controle autônomo de defeitos, e apoia o *Just in time*, à medida que não permite que peças defeituosas de um processo sigam em frente e atrapalhem o processo subsequente.

O terceiro ponto enfatiza o tratamento das pessoas envolvidas no trabalho, importante diferença entre a produção em massa e o STP. Como abordado anteriormente, na produção em massa, os trabalhadores mal qualificados, principalmente os funcionários da linha de montagem,

eram tratados e utilizados como peças intercambiáveis, exercendo atividades curtas e repetitivas. A participação dos operadores no processo e em melhorias era nula, ficando a cargo dos engenheiros de produção, dentro do conceito de especialização da mão de obra (WOMACK, JONES e ROOS, 1990). Essas características relacionadas às pessoas, no modelo de produção em massa, levaram à insatisfação da classe trabalhadora, um dos principais fatores pelo declínio da produtividade e dos sistemas que utilizavam os conceitos fordistas.

Já no sistema de produção da Toyota, os trabalhadores eram vistos como peças fundamentais para os resultados ou saídas da empresa: custo, qualidade e humanidade. Portanto deveriam participar de forma ativa do processo através da sugestão de melhorias e com pensamento criativo, ou ideias inventivas (*Soikufu*). E, ao contrário do sistema de trabalho fordista, a mão de obra deveria ser flexível (*Shejinka*) diversificando as tarefas e o número de funcionários conforme as variações de demanda (MONDEN, 1983).

A ideia de envolver ao máximo a mão de obra no processo surgiu a partir da histórica greve de 1949, quando os trabalhadores mantidos na empresa receberam duas garantias principais. Uma foi o emprego vitalício, e a outra, pagamento crescente conforme o tempo de serviço. Através destas garantias, Ohno percebeu que a força de trabalho se transformou em um custo fixo para a empresa, e, assim como as máquinas, a empresa deveria obter o máximo de seus recursos humanos, aproveitando não só a força física, mas também suas qualificações, conhecimentos e experiência. Os empregados concordaram em ser flexíveis em suas tarefas e pró-ativos no trabalho, sugerindo melhorias no processo ao invés de reagirem aos problemas ocorridos (WOMACK, JONES e ROOS, 1990), realidade presente nas empresas de produção em massa ocidentais da época.

A flexibilidade da força de trabalho não existia nas empresas ocidentais devido à especialização das funções, o que resultava em uma excessiva classificação de cargos, fazendo com que os operários exercessem apenas uma única função. Isto acontecia em parte devido ao fato de existirem diversos sindicatos de classe atuando na mesma fábrica. Outros fatores que impediam a multifuncionalidade das companhias ocidentais eram os sistemas de salários baseados nos graus de trabalho, a falta de treinamento preparatório, e dificuldades de transferir os operários entre os vários tipos de trabalhos na fábrica (MONDEN, 1983).

Esta realidade levava a um aumento de custo para a empresa, devido ao elevado número de pessoas e máquinas necessárias. Segundo

Ohno (1988), para se reduzir custos em tais condições seria necessária uma produção em massa. Quando as elevadas quantidades são produzidas, o custo da mão de obra por carro e a taxa de depreciação são reduzidos, o que requer máquinas de alto desempenho e velocidade, que são grandes e caras. Além disso, cada processo faz muitos componentes e manda para o processo seguinte, o que gera muito desperdício.

No STP criou-se um ambiente propício para estimular o operador multifuncional. Além da mão de obra ser considerada custo fixo, os salários eram ligados a cada operário, e não a um grau específico de trabalho, e cresciam de acordo com o tempo em que este estava empregado na companhia. Também havia programas de treinamento de muitos tipos de trabalhos diferentes, realizados *on-the-job*, ou seja, no próprio local de trabalho.

Estas ações motivavam as pessoas a permanecerem na empresa por toda a vida até a aposentadoria, além de desenvolver um operário com princípios de consciência de grupo, multifuncional, flexível e leal à companhia (MONDEN, 1983). Segundo Ohno (1988) a criatividade e o poder do seu pessoal permitiram à Toyota colocar em prática os métodos que se tornaram o Sistema Toyota de Produção.

Uma grande evolução do STP para a produção em massa foi o chamado *Just in time*, ou JIT. O *Just in time* surgiu diretamente das ideias de Toyoda Kiichiro em seus pensamentos sobre como superar o altamente desenvolvido sistema de produção de automóveis americano (OHNO, 1988). No JIT as peças e componentes necessários para montar um carro devem chegar à linha de montagem no tempo e nas quantidades necessárias. Utilizando esta lógica por toda a empresa eliminam-se completamente os inventários impróprios tornando desnecessários os almoxarifados e depósitos, reduzindo também o custo para manter os estoques e aumentando o capital de giro (MONDEN, 1983).

A produção no tempo exato permite adaptações provenientes dos problemas de variações de demandas. No sistema convencional de controle de produção em massa são identificadas as necessidades de demanda e preparadas várias programações para todos os processos, tanto os de fabricação de peças, quanto para as linhas de montagem final. Por sua vez os processos produzem as peças de acordo com seus programas, utilizando as peças do processo precedente e fornecendo-as para o processo seguinte, “sistema de empurrar”.

Neste método torna-se difícil adaptar a programação caso haja algum problema no processo, ou variação na demanda durante o mês. Isto obrigaria a empresa a trocar sua programação para cada processo

simultaneamente, o que é extremamente difícil de ser feito frequentemente. Como consequência, são utilizados inventários entre os processos para amortecer os problemas de variações na demanda, tem-se o desbalanceamento de estoque entre processos, o que conduz ao estoque morto, equipamento excessivo, e sobra de operários.

Através da análise do modo convencional de fornecer materiais de um processo inicial para um processo final, Ohno pensou o fluxo de materiais na direção inversa, “sistema de puxar”, tomando a linha de montagem como ponto inicial, pois somente a linha de montagem final pode saber exatamente o tempo e a quantidade de peças necessárias (MONDEN, 1983). Desta forma, o plano de produção com as quantidades e datas vai para o final da linha de montagem, e o processo final vai para o processo inicial, a fim de retirar as peças necessárias, somente quando elas são necessárias. Assim, o processo de fabricação vai do produto acabado de volta para o departamento onde teve início a montagem dos materiais, sincronizando e conectando cada elo da corrente JIT (Ohno, 1988).

Neste sistema, a quantidade e o tipo de unidades são descritos em um cartão chamado *Kanban*. O *Kanban* é enviado para as pessoas de um processo precedente através do processo subsequente, interligando muitos processos uns aos outros, o que permite um melhor controle das quantidades necessárias para vários produtos. Portanto, trata-se de um sistema de informação para controlar harmoniosamente quantidades de produção em todos os processos.

O sistema *Kanban* é um meio para administrar o método de produção *Just in time* (MONDEN, 1983). Ele impede totalmente a superprodução, eliminando a necessidade de estoque extra, e consequentemente a necessidade de depósitos e seus gerentes, além de inumeráveis controles em papel (Ohno, 1988), características do sistema empurrado utilizado pelas empresas convencionais de produção em massa. A ideia do sistema de puxar através do *Kanban* foi concebida a partir dos supermercados americanos. Ohno (1988) conta que na década de 1940 já estavam estudando e aplicando seus métodos na oficina da Toyota gerenciada por ele. A associação feita entre os supermercados e o JIT baseava-se no fato do cliente do supermercado obter o que é necessário, no momento que é necessário, e na quantidade necessária. Assim visualizou-se a ideia o processo inicial numa linha de montagem como um tipo de loja, aonde o processo final (cliente) vai até o processo inicial (supermercado) para adquirir as peças necessárias (gêneros) no momento e quantidade que precisa. O processo inicial então produz a quantidade recém retirada (reabastecendo as prateleiras).

Em 1950, a fábrica Honsha, da Toyota, iniciou a instalação do balanceamento de linha entre a montagem final e as linhas de usinagem, utilizando gradualmente o *Kanban* nos processos precedentes. Somente em 1962 o sistema *Kanban* foi efetivamente instalado em toda a empresa. A partir de então ampliou sua aplicação para todas as fábricas da Toyota, inclusive para seus fornecedores. Oito anos depois, em 1970, 60% dos fornecedores já utilizavam o sistema, passando para 98% em 1982, apesar de apenas metade aplicar o sistema internamente em suas plantas (OHNO, 1988).

Para que o sistema *Kanban* fosse efetivo, e os processos produzissem na quantidade e tempo corretos conforme o consumo dos materiais seria necessário que as pessoas e os equipamentos estivessem preparados. Neste sentido, se um processo cliente faz retiradas irregulares em termos de quantidade e tempo, o processo fornecedor necessitaria de capacidade extra (pessoas e equipamentos) para repor os itens consumidos, aumentando, desta maneira, os custos de produção. Portanto, quanto maior a flutuação da demanda do processo cliente, mais capacidade excedente seria requerida pelo processo fornecedor. Como no STP os processos eram ligados via sincronização, não apenas dentro da empresa, mas também com seus fornecedores pelo sistema *Kanban*, qualquer flutuação na linha de montagem final e nos pedidos traria impacto negativo para todos os processos anteriores.

Para evitar que ocorresse a flutuação da demanda, pensou-se em estabelecer para o processo puxador, linha de montagem final, o chamado nivelamento da produção, ou suavização da carga, através de uma programação racional que minimizasse os efeitos das flutuações, elevando os vales e rebaixando os picos de demanda (OHNO, 1988). Tal nivelamento tornou-se necessário devido à alta variedade de carros demandada, reflexo dos desejos diversos da sociedade moderna. Esta diversidade foi uma das grandes responsáveis pela redução da efetividade da produção em massa na indústria automobilística, devido ao fato de não responder facilmente à mudança. Por outro lado o Sistema Toyota de Produção se tornou mais eficiente, pois foi originalmente concebido para atender às pequenas quantidades de muitos tipos para o ambiente japonês, evoluindo para um sistema capaz de enfrentar os desafios da diversificação (OHNO, 1988).

Para viabilizar o nivelamento, a linha de produção deixou de ser dedicada a um único tipo de produto feito em grandes lotes, como na produção em massa, e passou a produzir muitas variedades a cada dia em resposta à variação da demanda, mantendo a produção em cima da data, o que reduziu os inventários (MONDEN, 1983).

A fim de manter a produção nivelada da produção na Toyota, existiam duas fases de planejamento, uma de médio prazo tratando as variações de demanda mensal durante o ano (adaptação mensal). A segunda fase dizia respeito à adaptação das variações durante o mês (adaptação diária). A adaptação mensal é atingida através do planejamento mensal com a preparação do plano mestre de produção, que estabelece o nível médio diário de produção em cada processo na fábrica a partir das previsões trimestral e mensal (MONDEN, 1983). Em havendo alterações nos níveis médios diários eram estabelecidas as novas rotinas de operação para os operadores. Assim, na linha de produção, se a necessidade de produção aumenta, o ciclo de tempo de produção decresce, e os operadores da linha executam menos atividades além de serem adicionados mais operadores para aumentar o ritmo de produção. Caso a demanda diária diminua, aumenta-se o ciclo de tempo de produção, fazendo com que se diminua a quantidade de operadores na linha para reduzir o ritmo de trabalho e produção.

Em períodos de baixa demanda, a Toyota preferia poupar os operadores e disponibilizá-los para outras atividades como melhorias no processo, manutenção e transferência para outras linhas, ao invés de utilizar a mão de obra a pleno, e produzir estoques desnecessários. Para permitir tal flexibilidade em termos de demanda, a empresa trabalhava com muita capacidade de máquina, permitindo o aumento de produção em período de crescimento de demanda, através da utilização da mão de obra multifuncional para adaptações às variações de demanda.

Na segunda fase do nivelamento, adaptação diária, é quando o programa de sequencia é realizado para os modelos mistos na linha de montagem final de forma nivelada. A partir da execução do programa são consumidas as peças componentes, e, com o sistema puxado via *Kanban*, são acionados os fornecedores e sub-montadoras, também de maneira nivelada. Para que o nivelamento da produção fosse eficiente, a quantidade consumida por hora, ou a velocidade de consumo de cada peça na linha de montagem deveria ser mantida constante, a fim de minimizar variações para os processos fornecedores. Por esse motivo eram utilizadas heurísticas para tentar obter a melhor sequencia de programação do mix. Na linha de montagem os operadores recebiam a informação do próximo tipo de carro a ser montado em tempo real através de impressora ligada ao computador central (MONDEN, 1983).

Nesta fase, o programa de sequenciamento era realizado somente para a linha de montagem final. Os processos precedentes à linha eram informados somente das estimativas mensais de quantidades para que os supervisores arrandassem a mão de obra necessária. Portanto, nenhum

processo precedente necessitava de próprios programas de sequenciamento antecipados, sendo função do sistema *Kanban* informar os processos da necessidade de produção a partir do consumo efetivo da linha de montagem final. Nos sistemas convencionais de produção em massa utilizava-se o MRP (Planejamento das Necessidades de Materiais), onde a programação era feita independente para cada processo, que empurra a produção para o processo subsequente.

Do ponto de vista da adaptação da produção às variações de demanda durante o mês, tanto o sistema *kanban* quanto o MRP visam atender à produção no tempo e quantidades necessárias (JIT). Ambos utilizam o conceito de intervalo de tempo, onde certa quantidade deve ser produzida para atender às necessidades de um período. No entanto, para o sistema *Kanban* este intervalo pode ser considerado apenas um dia, enquanto que no MRP necessita-se pelo menos de uma semana. Consequentemente, no MRP deve haver uma revisão no final de cada intervalo de tempo a fim de comparar o planejado *versus* o executado e tomar ações em caso de discrepâncias (MONDEN, 1983).

O nivelamento da produção se torna mais difícil à medida que se desenvolve a diversificação para o mercado. Para manter ambos (nivelamento e diversificação) em harmonia, Ohno (1988) afirma que é importante evitar o uso de instalações e equipamentos dedicados, adotando recursos de utilidade geral, que possibilitem a produção da variedade. Segundo o autor, à medida que as exigências do mercado se tornam mais diversificadas deve-se colocar mais ênfase neste ponto. A utilização de instalações dedicadas da produção em massa foi uma arma potente para redução de custos, no entanto não é necessariamente a melhor escolha. Deve-se priorizar o uso de máquinas e montagens que possam trabalhar quantidades mínimas de materiais, através de equipamentos e instalações de uso geral.

Além das máquinas multi-modelos, outro ponto importante para o nivelamento da produção diz respeito ao tempo de troca de ferramentas. Ohno entendeu que a redução do tempo de troca poderia minimizar o lote de produção, reduzindo estoques intermediários e de produtos acabados. Além disso, favoreceria a produção de diversos tipos de produtos em tempos reduzidos, o que possibilita à empresa se adaptar prontamente às alterações da demanda, produzindo de forma nivelada (MONDEN, 1983). O conceito de reduzir o tempo de trocas foi denominado de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), ou *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), e foi desenvolvido por Shingeo Shingo, consultor da Toyota.

A produção nivelada na linha, montando pequenos lotes variados de veículos tornou necessário o ajuste dos processos precedentes. Na forma convencional de produção em massa praticava-se grandes lotes de produção em máquinas dedicadas a fim de reduzir custos, o que levava ao desperdício de superprodução e altos níveis de estoques. No STP, para sincronizar a linha de montagem e responder à variedade exigida, tornam-se necessárias trocas frequentes nas máquinas, consequentemente os procedimentos de troca de ferramentas deveriam ser executados rapidamente. Na década de 1940, as trocas de matrizes na Toyota levavam de duas a três horas. Com o nivelamento da produção na década de 1950 os tempos de troca de ferramentas diminuíram para menos de uma hora, e, no final da década de 1960, haviam baixado para menos de três minutos (OHNO, 1988).

Um grande diferencial do Sistema Toyota de Produção para os sistemas de produção em massa estava relacionado com a maneira em que o trabalho era planejado. Como abordado anteriormente, nos sistemas convencionais a mão de obra era altamente especializada, e executava atividades curtas e repetitivas. Já no STP, os operadores eram multifuncionais e flexíveis, executando diversas atividades no processo. Apesar de haver tal flexibilidade, as operações deveriam ser executadas dentro de um padrão pré-determinado, a fim de eliminar ineficiências na produção, bem como inventários e operários desnecessários.

Segundo Monden (1983) três eram os objetivos da padronização das operações no Sistema Toyota de Produção. O primeiro deles era a obtenção de alta produtividade através do trabalho eficiente sem qualquer movimento perdido, seguindo a sequência padronizada de operações estabelecida na folha de operações padrão. O segundo objetivo é o de obter o balanceamento de linha entre todos os processos em termos de tempo de produção. Por fim, o terceiro objetivo da padronização das operações visava manter uma quantidade mínima de material em processo, o que contribui para a eliminação dos inventários excessivos.

O primeiro passo para a determinação das operações padronizadas é determinar o ritmo de trabalho. Segundo Ohno (1988), e Monden (1983), este ritmo é denominado tempo de ciclo, e é calculado dividindo-se o tempo efetivo de operação diária pela quantidade diária de produção necessária. Através da determinação do tempo de ciclo é que se determina a quantidade de operários necessários para produzir uma unidade de produção (MONDEN, 1983). Assim, se a demanda cresce, o tempo de ciclo reduz, e necessita-se de mais operários na linha.

Por outro lado, se a demanda cai, o tempo de ciclo se eleva, e são necessários menos operários para produzir as unidades necessárias.

Embora os autores clássicos do Sistema Toyota de Produção como Ohno e Monden, denominem de tempo de ciclo, o ritmo de trabalho calculado para produzir determinada quantidade, hoje em dia tem-se atribuído a este ritmo o nome de “*takt-time*” (IWAYAMA, 1997; MEYERS, 1999; SHOOK, 1998). Segundo estes autores, o tempo de ciclo representa o tempo transcorrido entre a saída de uma peça e a seguinte, e deve estar dentro do ritmo estabelecido pelo *takt-time* calculado. Neste trabalho será utilizado este termo mais recente, o qual é amplamente adotado na literatura e na prática.

A partir do ritmo de trabalho calculado eram estabelecidas as rotinas de operação padronizadas, que informavam a sequência de ações que cada operador deveria executar dentro do *takt-time*. Além disso, também era determinada a quantidade mínima de material necessária dentro da linha de produção. Sem esta quantidade de material em processo, *work-in-process* (WIP), o ritmo das operações estabelecidas de várias máquinas na linha não poderia ser alcançado.

Em virtude da variedade de automóveis e das constantes flutuações na demanda destes, as rotinas de operação padronizadas deviam ser periodicamente reavaliadas, alterando o número de operários das linhas e suas respectivas tarefas. Tal realidade faz necessária extrema flexibilidade em termos de mão de obra, através de operadores multifuncionais, e também um projeto adequado do layout das máquinas. Neste sentido a Toyota remodelou o layout de suas linhas para o formato em “U”, fazendo com que a entrada e a saída estejam próximas, o que favoreceu a utilização de apenas um operador para iniciar e finalizar o processo. A mais notável e importante vantagem deste layout é a flexibilidade para aumentar e reduzir o número necessário de operadores para adaptação às alterações nas quantidades de produção, variação na demanda (MONDEN, 1983).

Nos layouts convencionais, que utilizam máquinas automáticas em larga escala tem-se a necessidade de dois operadores para carregar e descarregar a linha, além de cada um deles apresentar perda de tempo ou espera. Este tipo de layout é baseado nos métodos tradicionais de engenharia nos quais um operador não deveria andar enquanto estivesse trabalhando em certa posição, ideia mantida por Ford para a eficiência individual dos operadores. Entretanto ela é incorreta do ponto de vista do balanceamento de linha que envolve toda a fábrica e minimiza a quantidade total de operários.

No STP, através do layout combinando as linhas em formato de U foi possível integrar diversas linhas, fazendo com que os operadores executassem tarefas de diferentes linhas conforme a necessidade e a rotina de operações padronizadas estabelecida. Dessa maneira a mão de obra fracionada era plenamente absorvida em várias linhas individuais em um layout combinado. Este tipo de solução somente foi possível devido desenvolvimento de operadores multifuncionais, treinados para tornar-se operador experimentado em qualquer tipo de trabalho e processo (MONDEN, 1983).

Através do layout em U e suas combinações, a Toyota eliminou operações desnecessárias, rearranjou operações nos postos de trabalho e reduziu a mão de obra. Isto se tornou possível devido às melhorias das atividades com a participação direta das pessoas envolvidas no processo.

Segundo Monden (1983), o STP difere de qualquer outro sistema porque atinge sua meta sem perda da dignidade do trabalhador. As linhas de montagem fordistas obtêm o aumento da produtividade à custa do esforço adicional do trabalhador e um sacrifício inaceitável em termos humanos. Na Toyota o conflito entre a produtividade e o aspecto humano foi resolvido através das melhorias positivas em cada posto de trabalho, sistema de sugestões, e de pequenos grupos denominados Círculos de Controle da Qualidade (CCQ).

Além do *Just in time*, o outro pilar do Sistema Toyota de Produção está relacionado com o controle de qualidade no processo, e é denominado de autonomia, ou *jidoka*, que significa automação com toque humano. A ideia surgiu a partir da invenção do tear auto-ativado de Toyoda Sakichi (1867-1930), fundador da Toyota Motor Company. Esta máquina parava instantaneamente caso algum dos fios da urdidura ou trama se rompesse, através de um dispositivo inserido na máquina, assim evitava-se a produção de itens defeituosos (OHNO, 1988).

A ideia de parar a máquina automaticamente na ocorrência de problemas foi levada para a Toyota, fazendo com que o próprio processo de manufatura fosse o responsável pela inspeção da qualidade. Com isso foi reduzido o número de inspetores especializados, cuja atividade estava fora do processo, sem acrescentar qualquer valor, e aumentando custos sem aumentar a produtividade. Tais inspetores eram muito utilizados nos sistemas convencionais de produção em massa e representavam boa parte da mão de obra.

O controle da qualidade na fonte através do conceito de autonomia faz uso de um mecanismo para detectar anormalidades ou defeitos, e um mecanismo para parar a linha ou máquina quando os defeitos ocorrem. A partir da interrupção no fluxo inicia-se uma

investigação sobre as causas do problema e ações corretivas para prevenir defeitos similares. Com a transferência de inteligência às máquinas através dos mecanismos a prova de erros, *poka-yokes*, o operador não precisou mais olhar a operação da máquina, separando assim as operações manuais das mecânicas. Como resultado, um operador poderia operar mais de uma máquina no mesmo tempo, dentro de sua rotina de operação padrão. Este fator foi determinante para a redução da força de trabalho, o que impactou diretamente na redução de custos e aumento da produtividade (MONDEN, 1983).

Além dos dispositivos automáticos, na linha de produção, dentro do conceito de autonomia, o próprio operador tinha a autonomia de parar o processo caso houvesse alguma anormalidade. Como, por exemplo, se as operações não podiam ser executadas segundo a rotina de operações padrão, ou algum item defeituoso havia sido fornecido.

Para implementar a autonomia no STP eram instalados os controles visuais que monitoravam a situação da linha e o fluxo de produção. Os sistemas de segurança utilizavam lâmpadas (*andons*) ou sinais sonoros para indicar anormalidades na produção. Outros tipos de controles visuais incluíam quadros luminosos e lâmpadas de chamadas, folha de operações-padrão, etiquetas *Kanban*, painéis com indicadores digitais, estoque e placas de estoque (MONDEN, 1983).

Segundo Ohno (1988), no sistema automatizado, o controle visual, ou a “gestão pela visão” ajudou a trazer fraquezas da produção à superfície. Estes controles visuais eram formas efetivas de detectar as anormalidades. No entanto as ações corretivas para corrigir os defeitos permaneciam sob controle do supervisor e sua equipe, seguindo a sequência dos eventos: padronização de operações, detecção de anormalidades, investigação das causas, ações de melhoria através dos CCQs, e re-padronização de operações.

Como observado anteriormente a autonomia juntamente com o *Just in time* corresponderam aos pilares que suportaram o Sistema Toyota de Produção. A fim de realizar JIT perfeitamente era preciso que 100% das unidades fossem boas para seguir ao processo subsequente em um fluxo rítmico e sem interrupções (MONDEN, 1983). Ohno (1988) afirma que uma linha de produção onde *Just in time* e autonomia com toque humano funcionam juntos será mais forte que outras linhas.

Com estes conceitos, na década de 1960, a Toyota e outras empresas japonesas haviam conquistado enorme vantagem sobre os produtores em massa de outros países (WOMACK, JONES e ROOS, 1990). No entanto, o interesse pela tecnologia de fabricação e o sistema de produção da Toyota foi despertado somente após a crise do petróleo

em 1973, quando a recessão afetou governos, empresas e sociedades no mundo inteiro.

No período posterior à crise, embora os lucros da Toyota tenham diminuído, seus lucros foram maiores que o das outras companhias. Quando o período de rápido crescimento parou, tornou-se bastante óbvio que uma empresa não poderia ser lucrativa usando o sistema convencional de produção em massa americano que havia funcionado tão bem por tanto tempo (OHNO, 1988).

A partir da década de 1980, a difusão das ideias do Sistema Toyota de Produção no mundo atingiu o ponto da produção em massa na década de 1920. Em 1984, a General Motors decidiu que precisava aprender sobre o método japonês de produção e convenceu a Toyota a gerenciar a fábrica da *New United Motor Manufacturing Inc.* (NUMMI) em Fremont, Califórnia, em parceria, como uma *joint-venture* (WOMACK, JONES, ROOS, 1990).

No entanto, as ideias do STP foram disseminadas através do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK, JONES e ROOS, 1990). Esta publicação fez conhecer a pesquisa de benchmarking realizada pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) comparando o desempenho das principais montadoras existentes.

Nesta pesquisa ficou constatada a ampla vantagem competitiva das montadoras orientais frente às concorrentes ocidentais, e traz uma análise das diferenças entre os dois modelos, principalmente em termos de administração da fábrica, desenvolvimento de novos produtos, e relacionamento com fornecedores e consumidores. Os autores atribuíram tal vantagem ao fato de que os orientais conseguiam fazer mais com menos, e denominaram *Lean Manufacturing* – Manufatura, ou Produção, Enxuta - este novo modelo de gestão da produção.

Desde então, empresas de diversos ramos de atividade e países vêm adotando a Manufatura Enxuta como modelo de gestão da produção, adaptando as práticas e conceitos para suas realidades, a fim de produzir mais, com menor custo, mais rápido, e com maior qualidade.

A partir da década de 90, enquanto o modelo de gestão da manufatura enxuta estava se consolidando na prática em diferentes setores produtivos, foram propostos outros modelos de gestão da produção com intuito de também atender às necessidades reais dos clientes de uma forma rápida e dinâmica. Cabe ressaltar que nestes modelos são utilizadas muitas das práticas e conceitos da manufatura enxuta, neste item abordados, sendo que a grande diferença, segundo estes autores, estaria no uso diferenciado da tecnologia, estrutura

organizacional, desenvolvimento de produtos e relacionamento com o mercado, conforme será detalhado nos itens que seguem.

4.2.3 Customização em Massa e Manufatura Ágil

A fragmentação da antiga estabilidade e homogeneidade dos mercados, onde atualmente, os consumidores demandam produtos e serviços customizados individualmente tem levado elevado à popularidade do modelo de gestão de Customização em Massa (CM) (PINE, 1993). Existem duas definições para o conceito de customização em massa, uma ampla e outra estreita. A visão ampla foi originalmente concebida por Davis (1987), que define a customização em massa como a habilidade de prover produtos e serviços desenvolvidos individualmente para cada consumidor através da agilidade, flexibilidade e integração (PINE, 1993; HART, 1995; EASTWOOD, 1996). Assim os sistemas de customização em massa devem atender aos consumidores como no modelo de produção em massa, mas também tratá-los individualmente como no modelo artesanal de produção (DAVIS, 1987).

A definição estreita de CM tem caráter mais prático e técnico, e a define como um sistema que utiliza tecnologia de informação, processos flexíveis, e estruturas organizacionais para entregar uma grande variedade de produtos e serviços que satisfazem às necessidades individuais a um custo próximo aos itens produzidos em massa (HART, 1995; KAY, 1993; KOTHA, 1995; ROSS, 1996).

Segundo Stump e Badurdeen (2009) a customização em massa segue um modelo projeto-venda-produção, onde os produtos finais não são fabricados enquanto o pedido do consumidor final não é recebido, ao contrário do que acontece no modelo projeto-produção-venda nos modelos tradicionais de manufatura. Lampel e Mintzberg (1996) salientam que na CM uma ordem não existe no sistema até que o cliente final a requisite.

Uma discussão importante para o modelo de customização em massa, diz respeito ao nível de customização oferecido para os consumidores, e o ponto da cadeia onde ocorre a customização, através da interação com o consumidor. Neste sentido a customização pode ser feita desde uma simples adaptação do produto feita pelo próprio consumidor, até uma completa customização, envolvendo o projeto, produção e entrega.

Existem na literatura diferenças com relação ao nível de customização possível na CM. Da Silveira, Forestein e Fogliatto (2001)

desenvolveram um *framework*, ilustrado no Quadro 9, no qual estabelecem oito diferentes níveis genéricos de CM baseando-se em literaturas anteriores (GILMORE e PINE, 1997; LAMPEL e MINTZBERG, 1996; PINE, 1993; SPIRA, 1998), que vão desde customização pura (individualização completa) até a padronização pura.

Quadro 9 – Níveis genéricos de customização em massa.

N	Níveis genéricos	Abordagens (GILMORE, PINE, 1997)	Estratégias (LAMPEL, MINTZBERG, 1996)	Estágios (PINE, 1993)	Tipos de customização (SPIRA, 1998)
8	Projeto	Colaborativa, transparente	Customização pura		
7	Fabricação		Customização sob medida		
6	Montagem		Padronizações customizadas	Produção Modular	Montagem de componentes padrão em configurações únicas
5	Trabalhos adicionais de customização			Ponto de customização na entrega	Customização adicional
4	Serviços adicionais			Serviços customizados, responsividade	Serviços adicionais
3	Embalagem e distribuição	Cosmética	Padronização Segmentada	Customização embutida	Embalagem customizada
2	Uso	Adaptativa			
1	Padronização		Padronização pura		

Fonte: Da Silveira, Forestein, e Fogliatto (2001).

O projeto está no topo dos níveis genéricos e conta com a participação colaborativa do consumidor desde o projeto, manufatura, até a entrega do produto final, conforme sua necessidade. O nível genérico número 7 refere-se à fabricação de produtos sob medida seguindo projetos pré-definidos. O nível 6, diz respeito a montagem,

onde a customização é feita através de componentes modulares compondo diferentes configurações conforme as ordens do cliente. Os níveis genéricos 5 e 4, dizem respeito a customizações simples no produto ou serviço, normalmente no momento da entrega. No nível 3 são realizadas customizações na distribuição ou embalagem de produtos similares. No nível genérico número 2 a customização é feita pelo consumidor através do uso do produto para diferentes finalidades, e, por fim o nível 1 de pura padronização, referente a produção em massa convencional.

Na classificação genérica dos níveis de CM proposta por Da Silveira, Forestein e Fogliatto (2001), o nível 6, referente ao nível de montagem, está diretamente relacionado com o tema desta pesquisa, identificando a modularidade como característica do produto para a implantação da customização em massa. Urich e Tung (1991) definem a modularidade como o uso de unidades intercambiáveis para criar variantes de produtos. Esta favorece o melhor aproveitamento dos componentes e permite maior facilidade no abastecimento das linhas, além de prover a variedade para o mercado (GUNASEKARAN, 1999). Cabe ressaltar que este conceito teve sua origem nas linhas de montagem da Ford, conforme relatado anteriormente.

Juntamente com a modularidade, a prática de *postponement* pode ser utilizada para possibilitar um alto grau de customização (BERMAN, 2002). Este tipo de estratégia dentro da cadeia de suprimentos permite que se retarde ao máximo a montagem do produto final, e, com isso, a produção proceda apenas com base no pedido do cliente, reduzindo assim os estoques de produtos acabados e as incertezas na demanda (ALDERSON, 2006), além de garantir maior flexibilização e integração da produção através de produtos variados e customizados, e em larga escala (DA SILVEIRA, BORENSTEIN e FOGLIATTO, 2001; SU, CHANG e FERGUSON, 2005).

Da Silveira, Forestein e Fogliatto (2001) enumeram ainda três pontos facilitadores para a viabilização da CM. O primeiro deles está relacionado aos processos e metodologias, e constituem os elementos da estratégia de manufatura que suportam o desenvolvimento de modelos de customização em massa. Os autores citam quatro aspectos, os quais denominam de práticas do negócio, como: i) manufatura ágil; ii) gestão da cadeia de suprimentos; iii) projeto e manufatura orientados para o consumidor; e iv) manufatura enxuta.

O segundo ponto facilitador apresentado diz respeito às tecnologias que suportam a customização em massa, sendo que muitos autores afirmam que as tecnologias são fundamentais para a

implementação da CM (PINE, 1993; KOTHA, 1995). Dentre elas podem-se citar as Tecnologias de Manufatura Avançadas (AMTs): Controle Numérico por Computador (CNC), e Sistemas de Manufatura Flexíveis (FMS). Este tipo de tecnologia, segundo Meredith (1987) possibilita o ganho em economia de manufatura além de remover barreiras entre variedade de produtos e flexibilidade.

Outro tipo de tecnologia são as tecnologias de comunicação de rede: Projeto Auxiliado por Computador (CAD), Manufatura Auxiliada por Computador (CAM), Manufatura Integrada por Computador (CIM), e Intercâmbio de Dados Eletrônicos (EDI) (HIRSCH, 1998; KANCHANASEVEE *et al.*, 1999; KING, 1998). A principal vantagem deste tipo de tecnologia, segundo a linha de pensamento destes autores, é fazer a ligação entre os grupos de trabalho, e reduzir o tempo de resposta aos requisitos do consumidor. Estas tecnologias permitem a integração entre componentes até então isolados na cadeia produtiva constituindo uma importante arma competitiva.

O terceiro ponto facilitador para a implementação da CM, segundo Silveira, Forestein, e Fogliatto (2001), está relacionado com a transferência de informação, pois a comunicação entre os consumidores e produtores é determinante no sucesso da customização em massa (TUROWSKI, 1999). A comunicação entre consumidor-produtor segue os seguintes passos: i) definir o catálogo de opções a serem oferecidos aos consumidores; ii) coletar e armazenar informações sobre as escolhas do consumidor; iii) transferência de dados do varejista ao consumidor; e iv) traduzir as escolhas do consumidor em características de projeto de produto e instruções para a manufatura (DA SILVEIRA, FORESTEIN e FOGLIATO, 2001).

Na mesma época em que foi cunhado o conceito de customização em massa (DAVIS, 1987), surgiu também o modelo de gestão da produção conhecido como manufatura ágil. Não há um consenso sobre o relacionamento entre estes dois modelos. Alguns autores acreditam que a manufatura ágil é uma metodologia dentro da customização em massa (DA SILVEIRA, FORESTEIN e FOGLIATO, 2001; PINE, 1993). Para outros autores como Goranson (1999), Gunasekaran *et al.* (2001), dentre outros, a customização em massa é um dos aspectos presentes na manufatura ágil.

O termo manufatura ágil surgiu no início da década de 1990, nos Estados Unidos, segundo (YUSUF, SARHADI e GUNASEKARAN, 1999), como um novo modelo de gestão da produção voltado para atender às reais necessidades do mercado, e suas rápidas mudanças. A este novo paradigma deu-se o nome de Manufatura Ágil (*Agile*

Manufacturing). Ele foi cunhado por um grupo de pesquisadores do *Iaccoca Institute*, da Universidade de *Lehigh*. Este grupo, formado por executivos seniores dos EUA, publicou em sua pesquisa as práticas e iniciativas observadas no próprio país, Europa ocidental, e Japão, consideradas importantes, a fim de reconquistar a liderança e competitividade na manufatura (YUSUF, SARHADI e GUNASEKARAN, 1999), e como um grande paradigma a ser alcançado nas empresas no século XXI.

Os autores Ben Naylor *et al.* (1999) definem a agilidade como o uso do conhecimento de mercado e da corporação virtual para explorar oportunidades lucrativas dentro de um mercado volátil. Uma visão mais completa sobre o termo ágil, segundo os autores Yusuf *et al.* (1999), descrevem a manufatura ágil como a exploração bem sucedida de bases competitivas (velocidade, flexibilidade, inovação pró-ativa, qualidade e lucratividade) através da integração de recursos flexíveis e melhores práticas em um ambiente rico em conhecimento para prover produtos e serviços direcionados ao consumidor, em um ambiente de rápida mudança no mercado.

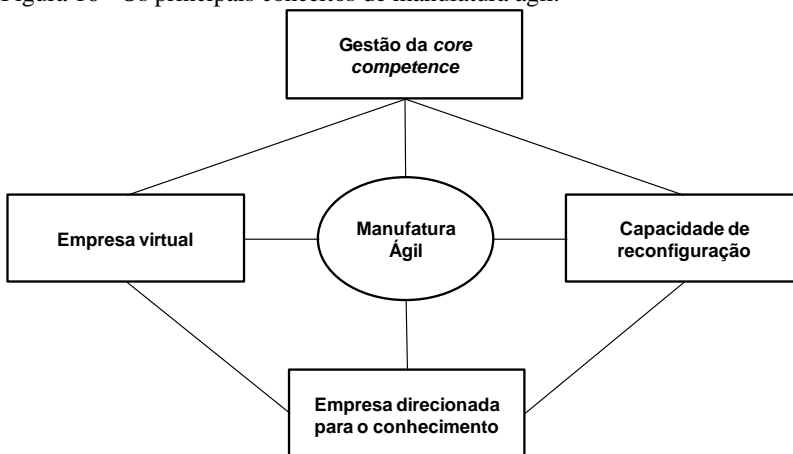
DeVor *et al.* (1997) identificaram as principais dimensões estratégicas da manufatura ágil, a saber: i) estratégias baseadas no valor para os consumidores, com foco na entrega do valor; ii) cooperação para aumentar a competitividade; iii) organização para ambiente de grande mudança e incerteza; iv) aproveitar o impacto das pessoas e da informação.

Os autores Yusuf *et al.* (1999) identificaram na literatura os principais conceitos que compõem a manufatura ágil. Estes conceitos estão representados na Figura 16. O primeiro conceito é apresentado como gestão da *core competence*, ou competência principal, e está relacionado com a força de trabalho e os produtos da corporação, e pode ser dividido nos níveis do indivíduo, e da empresa. A *core competence* do indivíduo inclui suas habilidades, conhecimento, atitude e perícia, que são adquiridas através do investimento em treinamentos e educação. A *core competence* do indivíduo é utilizada pela empresa para tirar proveito das atuais e potenciais tendências de necessidades dos consumidores.

A *core competence* da empresa está relacionada com o processo de aprendizado, integração entre as diversas habilidades e tecnologias, organização do trabalho, criação e entrega de valor, e capacidade de cooperação inter-organizacional. Além disso, esta deve prover a capacidade de diversas parcerias e acesso a um amplo mercado, e

também oferecer valor aos consumidores através dos produtos acabados, difíceis de serem copiados pelos concorrentes.

Figura 16 - Os principais conceitos de manufatura ágil.



Fonte: Yusuf *et al.* (1999).

O segundo conceito que compõe a manufatura ágil é a empresa virtual. Neste conceito existem três níveis de cooperação entre empresas que compõem uma parceria virtual. No primeiro nível as empresas trabalham como ilhas isoladas, sem grande compartilhamento de informações. O segundo nível corresponde às empresas que tem cooperação no nível corporativo, como acordos de compras conjuntas, ou exploração de novas tecnologias, onde as decisões ficam nos níveis gerenciais. No terceiro nível, as empresas ágeis formam empresas virtuais nas quais existe a cooperação no nível corporativo (gerencial), mas também nos níveis operacionais, onde times de trabalho trabalham entre as empresas parceiras, compartilhando recursos e habilidades para produzir produtos rapidamente e de acordo com as necessidades dos consumidores.

A capacidade de reconfiguração é o terceiro conceito da manufatura ágil. Segundo Yusuf *et al.* (1999), as empresas ágeis podem facilmente mudar de foco, diversidade de produtos, configurar e realinhar o negócio para um propósito particular assim que a oportunidade é apontada, ou antes mesmo da oportunidade aparecer. Desta forma este tipo de empresa fica bem posicionada pela velocidade em que entra no mercado, antes de seus concorrentes, através de novos produtos e pró-atividade, oferecendo produtos pouco antes da

necessidade surgir. Para que isto seja possível é necessária a reconfiguração operacional, o que exige investimento em tecnologias para a flexibilidade operacional no chão de fábrica.

Por último vem o conceito de empresa direcionada para o conhecimento. Neste conceito as empresas que pretendem ser ágeis devem incluir o desenvolvimento de uma força de trabalho bem treinada e motivada, com as habilidades, expertises e conhecimentos, como um elemento essencial em suas estratégias. Este conceito deriva da ideia de que o conhecimento e informação são grandes diferenciais para o sucesso do negócio, sendo que este depende da habilidade de converter o conhecimento coletivo em soluções de produto que melhorem a funcionalidade original e a um menor custo.

Alguns autores tentam contrapor a ideia de Manufatura Ágil ao conceito bem restrito de Manufatura Enxuta, em geral limitando o escopo da ME a questão de redução de custos e produção em massa. Por exemplo, segundo Gunasekaran (1999), a ênfase da manufatura enxuta está em reduzir custos, enquanto a necessidade das empresas em tornarem mais flexíveis e responsivas às necessidades do mercado leva ao conceito de ágil. Este autor afirma ainda que a mudança da manufatura enxuta para a manufatura ágil e vice-versa é um grande desafio nas empresas.

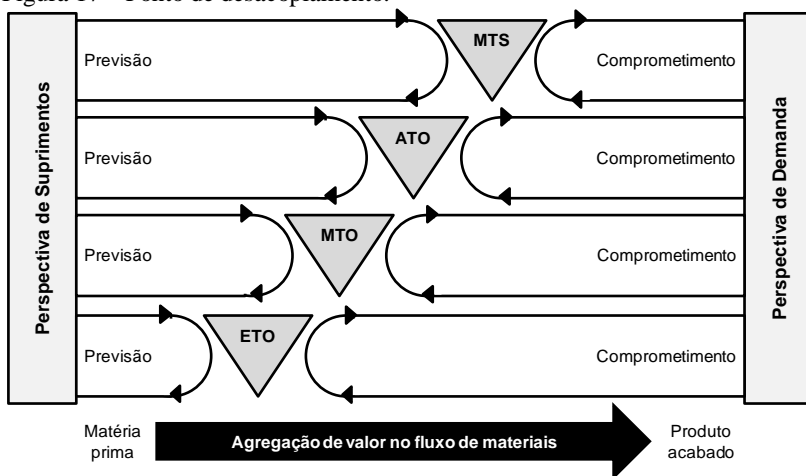
Outra visão relacionada aos modelos enxuto e ágil diz respeito à integração de ambos na cadeia total de suprimento. Esta combinação depende da necessidade da cadeia em ser enxuta e ágil, do conhecimento de mercado, e posição do ponto de desacoplamento na cadeia total. Segundo Ben Naylor *et al.* (1999) o modelo ágil funciona melhor para satisfazer às flutuações na demanda, e a manufatura enxuta requer, e promove o nivelamento da produção. Segundo os autores, a diferença na utilização dos dois modelos está relacionada ao posicionamento do ponto de desacoplamento. Este ponto separa a parte da organização, na cadeia de suprimentos, que está orientada para a produção de ordens sob pedidos firmes, da parte que está baseada em planejamento. Neste ponto da cadeia, existe um estoque estratégico que serve como amortecedor entre as flutuações da demanda (ambiente ágil), e a produção nivelada (ambiente enxuto).

Quanto à localização do ponto de desacoplamento, existem basicamente quatro estágios em que este pode estar localizado dentro da cadeia de produção, dependendo da estratégia da empresa (HOEKSTRA e ROMME, 1992; BROWNE *et al.*, 1996; HIGGINS *et al.*, 1996; SACKETT *et al.*, 1997; WORTMANN *et al.*, 1997; MATHER, 1999), conforme ilustra a Figura 17. Na figura o triângulo representa o ponto de

desacoplamento, que separa o fluxo de produção da parte que produz sob a informação de previsões, da parte que produz sob a informação de pedidos firmes dos clientes. Quanto às estratégias de posicionamento do ponto de desacoplamento elas podem estar divididas em:

- *Make-to-stock* (MTS), ou produção para estoque, onde os produtos são produzidos com base na informação de previsão, e o cliente compra a partir dos estoques produzidos previamente;
- *Assemble-to-order* (ATO), ou montagem sob encomenda, onde os componentes são produzidos sob previsão e estocados, e a etapa de montagem é realizada apenas com o pedido firme do cliente.
- *Make-to-order* (MTO), ou fabricação sob encomenda, onde o cliente interage desde a etapa de fabricação dos componentes;
- *Engineering-to-order* (ETO), ou projeto sob encomenda, onde o cliente participa desde a etapa de desenvolvimento do projeto do produto, até a sua fabricação e entrega.

Figura 17 – Ponto de desacoplamento.



Fonte: Wilkner e Rudberg (2005).

O conceito de ponto de desacoplamento também é aplicado ao nível de customização dos produtos, e ao conceito de *postponment*, conforme abordado na revisão sobre o modelo de customização em massa. Apesar da literatura sobre customização em massa e manufatura ágil apresentarem certa mistura de conceitos, através da breve revisão apresentada, é possível concluir que o modelo de gestão de customização em massa deveria ser adotado para proporcionar produtos

customizáveis dentro de um *mix* pré-estabelecido de produtos. Por sua vez a manufatura ágil seria apresentada como um modelo de gestão da produção capaz de atuar em mercados voláteis e imprevisíveis, em constantes transformações.

No que se refere às linhas de montagem, a bibliografia revisada sobre Customização em Massa e Manufatura Ágil, não trazem detalhamentos, inovações, ou aplicações práticas sobre suas configurações e operação. Contudo, as características sugeridas para estes modelos de gestão da produção, baseada em produtos variáveis e demandas instáveis sugerem grande flexibilidade dos sistemas produtivos, em especial das linhas de montagem, foco deste trabalho.

4.2.4 *Quick Response Manufacturing (QRM)*

Segundo Suri (2001) velocidade é a estratégia que persegue a redução do lead time em todos os aspectos das operações de uma empresa, que pode ser vista sob dois aspectos. O primeiro aspecto diz respeito ao contexto externo de como os consumidores percebem a velocidade considerando a rapidez em desenvolver e manufaturar produtos customizados para suas necessidades.

O segundo aspecto refere-se ao contexto de operações da própria empresa, focando a velocidade em reduzir os *lead times* em todas as tarefas dentro da organização, resultando em melhoria de qualidade, baixos custos, e responsividade rápida. Segundo Suri (1998) as técnicas de QRM permitem as empresas reduzirem seu *lead time* entre 75 a 90% aproximadamente. Um dos pontos destacados é que as máquinas não devem trabalhar durante todo o tempo, sendo recomendado para os recursos críticos apenas 70 a 80% de sua capacidade. Esta medida permite maior flexibilidade, além de permitir que as empresas respondam mais rápido às mudanças nas ordens dos consumidores.

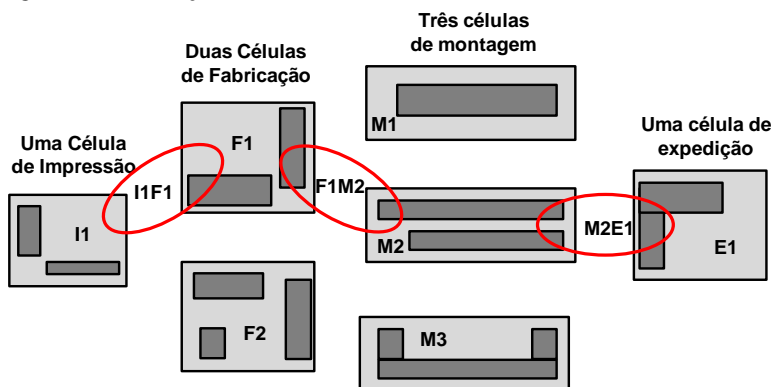
Em conjunto com o layout celular são utilizados os cartões POLCA (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*) para o planejamento e controle da produção. Segundo Suri (1998) enquanto os cartões *Kanban* são recomendados para ambientes de grandes volumes e pouca variedade, os cartões POLCA funcionam em ambientes de grande variedade de produtos, através da combinação da programação empurrada e puxada.

Fernandes e Carmo-Silva (2006) afirmam que o POLCA é utilizado para controlar o fluxo e os estoques no ambiente de manufatura com grande complexidade de rotas de produção. Os cartões são utilizados entre as rotas de duas células, e são fixados no produto

quando entram na primeira célula da rota, e retirados quando deixam a segunda célula, controlando o nível de estoque entre os pares de célula (SURI, 1998), conforme ilustrado na Figura 18.

Stump e Badurdeen (2009), em seu trabalho sobre customização em massa, observam que o modelo QRM e o cartão POLCA parecem ser sistemas mais robustos para situações em que a customização e a variedade são altas e a manufatura enxuta não permite atingir as necessidades da customização em massa.

Figura 18 - Utilização do cartão POLCA.



Fonte: Suri (1998).

Segundo os autores, em um alto grau de customização em massa existem muita variedade e interação do consumidor desde a etapa de projeto, o que inviabiliza o uso de princípios enxutos como o JIT, produção puxada, nivelamento da produção e controle de estoques por *kanban*. Em contrapartida nestas situações a aplicação do POLCA pode controlar o estoque e reduzir os *lead times* como um benefício importante para a empresas que trabalham com customização em massa.

A ideia do cartão POLCA é semelhante ao sistema CONWIP introduzido por Spearman *et al.* (1990) como alternativa ao *Kanban*, cuja lógica é de manter constante o estoque em processo em uma linha de produção. No sistema CONWIP, o estoque em processo é igual ao número de containers na linha de produção. Ao se concluir a produção de um container, o produto segue para o estoque, e o container retorna para o início da linha recebendo o primeiro cartão da lista de cartões a serem produzidos. A lógica do CONWIP para a linha de produção é aplicada no modelo de gestão QRM entre as células de produção.

Apesar do layout celular e a utilização de cartões para o controle da produção já serem adotados dentro do modelo de gestão de ME, Suri (1998) afirma que o modelo QRM se trata de uma nova abordagem, que visa a redução do tempo de fabricação. O autor argumenta que o conceito de células utilizados no modelo de gestão de ME é diferente do conceito de células do QRM, pois tendem a ser mais flexíveis podendo produzir uma variação maior de produtos sem a reconfiguração dos recursos. Como pode ser observado na Figura 18 este modelo de produção não trabalha com o conceito de linhas de montagem. Ele sugere a implantação de diversas células de montagem menores e flexíveis, a fim de atender à variedade e customização dos produtos.

Com esta breve revisão sobre o modelo QRM de gestão da produção encerra-se a revisão sobre os modelos de gestão da produção, a partir da qual serão extraídas as informações importantes sobre as alternativas de configuração das linhas de montagem, que serão utilizadas como base para esta pesquisa. A seguir serão apresentadas alternativas de configurações de linhas de montagem.

4.3 CONFIGURAÇÕES DAS LINHAS DE MONTAGEM

A partir da literatura específica sobre o tema de linhas de montagem, procurou-se, neste tópico, levantar aspectos relevantes das configurações das linhas de montagem que pudessem compor o *framework* de relacionamento das áreas de decisão da estratégia de produção. A seguir serão listadas as alternativas de configurações possíveis, e nas conclusões do capítulo apresentado o *framework*.

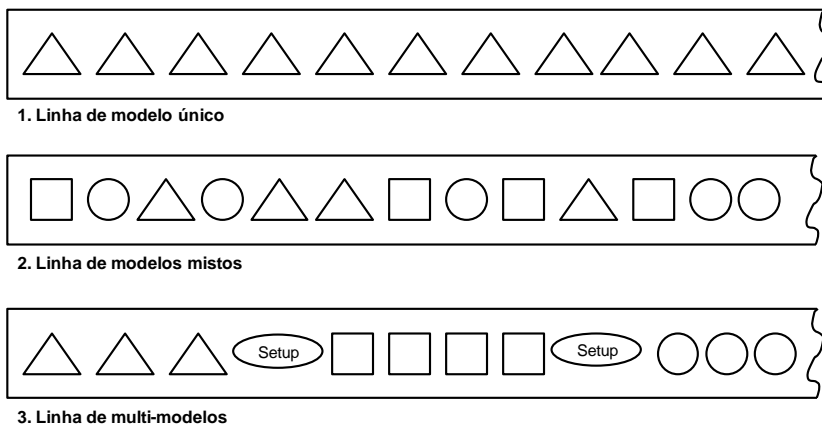
4.3.1 Número de Modelos - Instalações

Uma decisão que impacta diretamente na eficiência e nas soluções para as linhas de montagem está ligada à variedade de modelos destinados a estas linhas. Esta variedade de produtos é influenciada diretamente pelo mercado em que a empresa atua, e a estratégia da empresa para competir neste mercado. Em geral, a complexidade de gerenciamento e operação das linhas de montagem aumenta conforme a variedade de produtos. Nas pesquisas sobre balanceamento e sequenciamento de linhas de montagem existe uma classificação para os tipos de linha segundo a variedade de modelos, conforme ilustra a Figura 19.

A linha de modelo único (*Single-model line*) existe quando apenas um único produto é produzido, sendo que todos os componentes

são idênticos (BECKER e SCHOLL, 2006). Este tipo de linha representa a forma tradicional de linha de montagem, voltada para a produção de um alto volume de um único produto.

Figura 19 - Classificação das linhas segundo o número de modelos.



Fonte: Becker e Scholl (2006).

Segundo Boysen *et al.* (2008), hoje em dia, produtos sem alguma variação irão raramente atrair consumidores para uma utilização rentável de um sistema de montagem. Tecnologias avançadas de produção permitem *setups* automatizados com tempos e custos insignificantes, isto faz com que mais de um produto possa ser montado na mesma linha, sem significativas variações de *setup* e no tempo de operações, fazendo com que este tipo de linha possa ser tratado como linha de modelo único. Alguns trabalhos deste tipo de linha podem ser encontrados em Kara, Paksoy e Chang (2009), Özcan e Toklu (2009), e Sabuncuoglu, Erel e Alp (2009).

Se mais de um produto (modelo) é produzido na mesma linha de montagem, além do balanceamento, existe o problema do sequenciamento onde surge a decisão de qual a ordem ideal para se produzir os diferentes modelos (BECKER e SCHOLL, 2006), conforme abordado anteriormente no item 4.1.1. As linhas onde as unidades são produzidas em uma sequência de modelos misturados são classificadas como linha de modelos mistos (*Mixed-model*) (BUKCHIN, DAR-EL e RUBINOVITZ, 2002). A linha onde a sequência de produção é feita em lotes com operações de *setup* entre eles é classificada como linha multi-

modelos (*Multi-model*) (BECKER e SCHOLL, 2006), conforme ilustra a Figura 19.

Na produção em linha de modelos mistos, os tempos de *setup* podem ser reduzidos suficientemente a ponto de serem ignorados, assim, a sequência de produtos misturados pode ser produzida na mesma linha. Apesar de este tipo solução prover maior versatilidade aos sistemas de produção, geralmente requer processos de produção homogêneos. Como consequência os diferentes modelos são considerados como variações da mesma base de produtos, diferenciando apenas por alguns atributos específicos customizáveis, opcionais ao consumidor (BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2008). Estas características fazem das linhas de modelos mistos soluções interessantes para o ambiente *make-to-order* (BUKCHIN, DAR-EL e RUBINOVITZ, 2002).

Além de favorecer o atendimento às necessidades do consumidor, as linhas de modelos mistos favorecem o conceito de *Just in time*, uma vez que o consumo da variedade de componentes acontece de uma forma mais nivelada, viabilizando o abastecimento constante em um fluxo puxado (MONDEN, 1983). Neste sentido existem na literatura diversos trabalhos que relacionam o *Just in time* com as linhas de modelos mistos (SUMICHRIST e RUSSELL, 1990; SUMICHRIST, RUSSELL e TAYLOR III, 1992; XIAOBO e OHNO, 1997; DREXL e KIMMS, 2001; KURASHIGE *et al.*, 2002; JAVADI *et al.*, 2008; RABBANI, RAHIMI-VAHED e TORABI, 2008; ALPAY, 2009; HWANG e KATAYAMA, 2009).

Por fim nas linhas multi-modelos a homogeneidade dos produtos e seus processos não são suficientes para a produção em sequência alternada de modelos, o que levaria a interrupção constante do fluxo de produção. Com o objetivo de evitar tempos e custos de *setup* a montagem é realizada em lotes. A variação dos tamanhos dos lotes tem impacto direto na influência do *setup* na eficiência da linha, e na utilização dos recursos (máquinas e pessoas) (BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2008).

4.3.2 Controle do ritmo da linha – Instalações

Outra característica das linhas de montagem muito discutida nas pesquisas sobre o balanceamento de linha está relacionada com o controle do ritmo de trabalho da linha. Segundo Boysen *et al.* (2008), as linhas podem ser classificadas em: i) linha ritmada; ii) linha não ritmada assíncrona; e iii) linha não ritmada síncrona.

Em uma linha ritmada um tempo de ciclo comum é dado para todas as estações de trabalho, e o ritmo é mantido contínuo através do avanço do dispositivo que suporta os materiais, como uma esteira rolante, que força os operadores a terminar suas tarefas antes que o produto chegue ao fim da estação de trabalho. Para isto o comprimento das estações deve ser definido de acordo com o balanceamento da linha e restrições técnicas como tamanho das máquinas. Alguns exemplos de linhas ritmadas podem ser encontrados em Lin, Drury e Kim (2001), Zhao, Ohno e Lau (2004), e Winch, Cai e Vairaktarakis (2007).

O segundo tipo de controle do ritmo diz respeito à linha não ritmada assíncrona, que acontece quando, em linhas não ritmadas, o produto montado (*workpiece*) é transferido sempre que a operação é completada e a estação seguinte está livre, ao invés de ser vinculado a um determinado intervalo de tempo. Após a transferência, a estação continua a trabalhar em um novo produto, a não ser que a estação seguinte não foi capaz de entregá-lo (BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2008).

Para evitar esperas e desconexões, são planejados estoques intermediários entre as estações de trabalho denominados *buffers*. Estes são utilizados somente para compensar desvios nos tempos das tarefas, pois se uma estação é mais rápida que a outra, o buffer logo será consumido e perderá sua função. Neste tipo de linha, os buffers devem ser utilizados quando houver variações entre as estações de trabalho, como tempos estocásticos de tarefas, e/ou quebras de máquinas, que são relevantes mesmo em tarefas de tempos determinísticos.

Em linhas não ritmadas a taxa de produção não é dada por um tempo de ciclo fixo, mas depende dos tempos das tarefas realizadas. Estes podem ser estimados assim que as tarefas são conhecidas e são influenciados pela alocação dos *buffers*. Segundo Boysen, Fliedner e Scholl (2008) o planejamento da configuração de uma linha não ritmada assíncrona precisa: i) determinar o balanceamento de linha; ii) alocar os buffers; iii) estimar a produção e/ou medidas de eficiência. Por fim, na linha não ritmada síncrona todas as estações esperam que a estação mais lenta termine suas operações para transferir o produto no mesmo tempo. Neste caso os *buffers* não são necessários.

Se os tempos são determinísticos este tipo de linha pode ser tratado exatamente como uma linha ritmada com transporte intermitente e tempo de ciclo dado pela estação mais lenta. Em caso de tempos estocásticos existe forte similaridade com as linhas ritmadas, que são interrompidas quando o tempo de ciclo é excedido.

4.3.3 Nível de automação – Instalações

De uma forma simplificada as linhas de montagem podem ser classificadas de duas maneiras quanto ao nível de automação: i) Linhas manuais; e ii) Linhas automatizadas. Boysen, Fliedner e Scholl (2008) colocam que apesar das grandes vantagens na automação de processos de montagem, ainda existem muitos sistemas baseados em linhas manuais, principalmente onde as peças são frágeis ou precisam ser manuseadas frequentemente, o que inviabiliza o uso de robôs (Bi e Zhang, 2001). Nos países onde os salários são menores as linhas manuais podem ser uma alternativa eficiente às caras máquinas automatizadas, caso dos países emergentes como o Brasil.

Tempelmeier (2003) afirma que o desempenho dos operadores da linha depende de uma série de fatores, como motivação, ambiente de trabalho ou stress físico e mental. Esta realidade acaba por afetar os tempos das tarefas submetidos à variações estocásticas. Shtub e Dar-El (1989) afirmam que a falta de motivação e o baixo nível de satisfação, causados pela repetição de tarefas elementares, têm sido considerados a maior desvantagem dos sistemas de montagem. Neste sentido, o trabalho de Lin, Drury e Kim (2001) relacionam aspectos ergonômicos com a qualidade dos produtos em linhas manuais ritmadas.

Outro fator que influencia diretamente no desempenho da linha está relacionado com a experiência individual do operador, o chamado efeito (ou curva) de aprendizagem. Com o efeito de aprendizagem os operadores vão se habituando às tarefas de montagem dos produtos, e ganham em redução do tempo das operações e aumento de produtividade (SHAHER, NEMBARD e UZUMERI, 2001; MONTANO *et al.*, 2007; TOKSARI *et al.*, 2010).

Apesar dos aspectos humanos das linhas manuais, este tipo de linha permite um incomparável nível de flexibilidade (BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2008) na medida em que os operadores das estações próximas podem ajudar uns aos outros em caso de atraso nas tarefas. Neste sentido o layout em “U” facilita a flexibilidade, onde os operadores mais próximos podem ajudar-se mutuamente e também realizar atividades de ambos os lados no mesmo tempo de ciclo, conforme sugerido pelo Sistema Toyota de Produção (MONDEN, 1983).

Nos lugares onde a mão de obra é mais cara normalmente são encontradas linhas automatizadas. A automatização completa de uma linha de montagem geralmente acontece quando o ambiente de trabalho é muito hostil, ou insalubre, ou ainda quando robôs desempenham as

tarefas de uma maneira mais econômica e precisa, com melhor qualidade e tempos previsíveis (determinísticos). Quando a linha de montagem é composta somente por robôs é chamada de linhas de montagem robóticas. Este tipo de linha vem sendo extensivamente aplicada nos sistemas de montagem nas últimas décadas (GAO *et al.*, 2009).

Além da utilização de robôs, as linhas automatizadas podem ser compostas de máquinas especializadas, onde cada máquina executa uma tarefa específica, o que reduz a flexibilidade da linha. Contudo, o aumento da diferenciação dos produtos, que são produzidos na mesma linha, justifica maior flexibilidade, mesmo nas linhas automatizadas. Este fator leva a implementação de linhas automatizadas mais flexíveis com máquinas multifuncionais com ferramentas que possam desempenhar diversas tarefas e velocidades. As máquinas multifuncionais modernas são equipadas com diversas ferramentas na mesma máquina, o que permite o desempenho de diversas operações na mesma peça simultaneamente (BOYSEN, FLIEDNER e SCHOLL, 2008).

4.3.4 Layout – Organização

Um aspecto importante para as configurações das linhas de montagem diz respeito à escolha do layout em que estas são organizadas. O layout dos sistemas de produção de fluxo em linha é determinado pelo fluxo dos materiais, no entanto existem algumas alternativas que podem ser utilizadas (BECKER e SCHOLL, 2006). Tradicionalmente as linhas de montagem são organizadas em linha serial onde as estações de trabalho são alocadas ao longo da esteira, geralmente em linha reta. Cada estação executa uma ou mais tarefas em partes do produto acabado (BAYBARS, 1986). Este tipo de layout foi utilizado originalmente no desenvolvimento das linhas de montagem, contudo, conforme abordado no capítulo anterior, este tipo de layout não é tão flexível como alternativas.

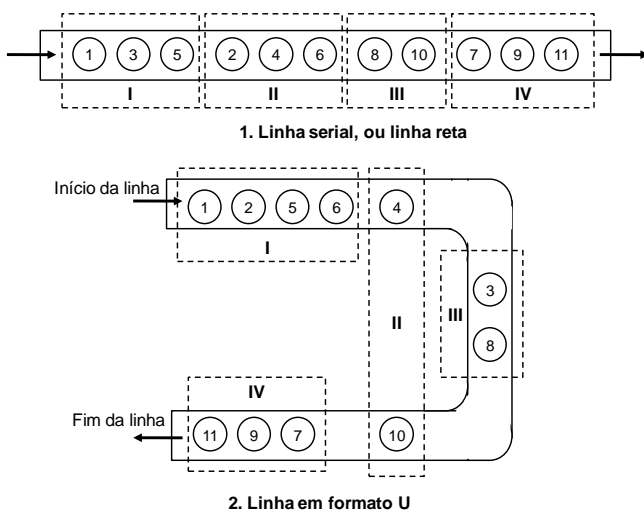
Como alternativa de maior flexibilidade às linhas seriadas, ou retas, surgiram as linhas em formato “U”. Nesta organização de layout o início e o fim da linha estão próximos. As estações mais próximas umas das outras fazem com que os operadores multifuncionais possam operar em mais de uma estação em seu ciclo de trabalho. Além disso, permite uma maior visibilidade e comunicação entre os operadores e aumenta a flexibilidade, através da inclusão ou retirada de operadores conforme as

variações de demanda (ÖZCAN e TOKLU, 2009). A Figura 20 ilustra o layout serial e o layout em formato U.

Outra melhoria com relação a flexibilidade das linhas de montagem possível a partir do arranjo físico foi a introdução de diferentes tipos de paralelismo, como: i) linhas paralelas; ii) estações paralelas; iii) tarefas paralelas; e iv) linhas de dois lados.

As linhas paralelas permitem a redução de falhas de montagem e aumentam a flexibilidade do sistema. A utilização de deste tipo de arranjo físico torna possível o aumento dos tempos de ciclo, o que faz com que a divisão do trabalho seja pequena e permita que apenas alguns operadores sejam adotados em cada linha, como ilustrado na Figura 21. Estes operadores são normalmente organizados como times autônomos de trabalho (SÜER, 1998).

Figura 20 – Layout serial (1) e Layout em “U” (2).



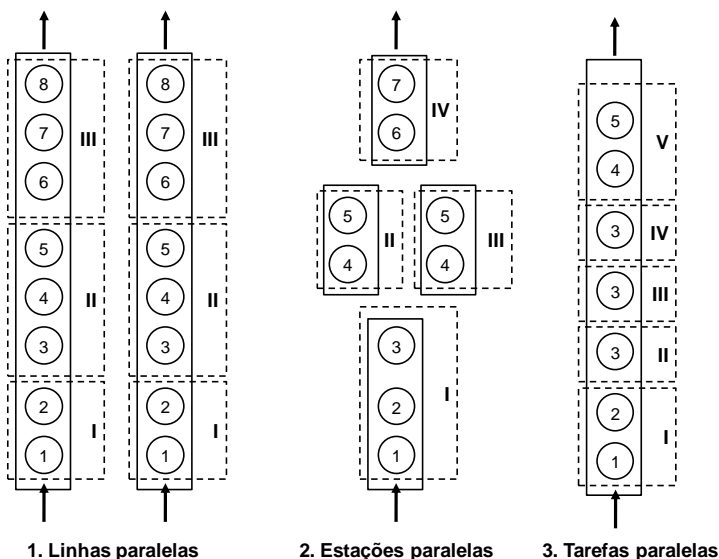
Fonte: Özcan e Toklu (2009).

Mesmo em linhas únicas, as vantagens do paralelismo podem ser utilizadas através de estações paralelas. Principalmente em linhas onde a taxa de produção é alta, normalmente algumas tarefas excedem o tempo de ciclo estabelecido. Nestes casos são criadas estações paralelas onde os operadores desempenham as mesmas tarefas, reduzindo o tempo da operação proporcionalmente ao número de operadores nas estações (PINTO, DANNENBRING e KHUMAWALA, 1981; BARD, 1989;

MCMULLEN e FRAZIER, 1998; LUSA, 2008). A Figura 21 ilustra um exemplo deste tipo de layout.

Outra alternativa para reduzir o tempo de ciclo global para abaixo do tempo da tarefa mais demorada é o conceito de tarefas paralelas, ilustrado na Figura 21. Neste caso a mesma tarefa é destinada a algumas estações de uma mesma linha serial, onde cada estação executa a mesma tarefa no mesmo tempo de ciclo, reduzindo assim o tempo total desta tarefa (BECKER e SCHOLL, 2006).

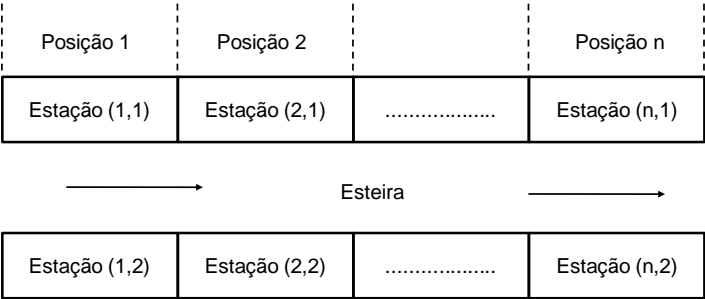
Figura 21 - Linhas paralelas (1), Estações paralelas (2), e Tarefas paralelas (3).



Fonte: desenvolvido pelo autor

Para a montagem de produtos grandes e/ou pesados normalmente são utilizadas as linhas de montagem de dois lados, que são constituídas de duas linhas serias conectadas em paralelo. Ao invés de estações únicas de trabalho são implementados pares de estações em ambos os lados da linha, nas quais os operadores executam diferentes tarefas nos mesmos produtos (BARTHOLDI, 1993; KIM, KIM e KIM, 2000; LEE, KIM e KIM, 2001; BAYKASOGLU e DERELI, 2008; HU, WU e JIN, 2008; WU *et al.*, 2008; KIM, SONG e KIM, 2009; OZCAN e TOKLU, 2009b; a; HU *et al.*, 2010; ÖZCAN, 2010; ÖZCAN, GÖKCEN e TOKLU, 2010; XIAOFENG *et al.*, 2010). A Figura 22 ilustra o layout de linha de montagem de dois lados.

Figura 22 - Linha de montagem de dois lados.



Fonte: Xiaofeng, Erfei *et al.* (2010).

4.3.5 Radio Frequency Identification (RFID) – Tecnologia

A identificação por radio frequência (RFID) é uma tecnologia capaz de prover a identificação de objetos via redes sem fio, através de etiquetas e leitores de RFID. A etiqueta é afixada em um objeto e disponibiliza informações sobre este objeto para ser transmitida às partes interessadas via leitor de RFID. Esta tecnologia permite a transferência de informações em tempo real, potencializando sua aplicação para o monitoramento de objetos em linhas de montagem de manufatura flexível.

Os autores Wang, Luo e Wong (2010) propõem a utilização do RFID para substituir as antigas tecnologias de robótica como um método alternativo para identificar os objetos em uma linha de montagem. Segundo os autores, através do RFID, a movimentação dos objetos pode ser monitorada e traçada a fim de facilitar o planejamento e controle em tempo real da linha de montagem. Assim é possível identificar a posição exata dos componentes e produtos no processo e, de posse de informações precisas, possivelmente aumentar a eficiência de operação da linha. Os autores colocam ainda que este tipo de tecnologia seja mais apropriado para ambientes de grande variedade onde diferentes produtos e componentes são misturados na linha de montagem, e necessitam ser inseridos e retirados individualmente da linha para melhorar a flexibilidade das máquinas, como em sistemas de montagem flexíveis.

A tecnologia RFID pode ser utilizada para automatizar as linhas de montagem com a melhoria da capacidade de monitoramento e controle dos processos de manufatura de montagem (WANG, J. H., LUO, Z. W. e WONG, E. C., 2010). Alguns trabalhos onde esta tecnologia foi aplicada em linhas de montagem podem ser encontrados

em Baudin (2005), Kulkarni *et al.* (2005) e Huang, Zhang e Jiang (2007), Huang *et al.* (2008), e Guo *et al.* (2009).

4.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo abordou o relacionamento entre a estratégia de produção e as linhas de montagem. Inicialmente foi apresentada uma breve evolução dos requisitos do mercado ao longo do tempo, e as consequências desta evolução para as prioridades competitivas dentro das estratégias de produção. A fim de atender às prioridades competitivas estabelecidas pela estratégia de produção, foram desenvolvidos os modelos de gestão da produção. A evolução destes modelos foi apresentada e em seguida foram detalhados os principais modelos de gestão da produção: produção artesanal, produção em massa, manufatura enxuta, manufatura ágil, customização em massa, e *quick response manufacturing*.

Na sequência foram apresentadas algumas alternativas de configurações das linhas de montagem, com base na literatura específica sobre o assunto. A partir desta revisão foi possível extrair informações importantes sobre as características e configurações possíveis das linhas de montagem. Estas informações foram enquadradas nas áreas de decisão propostas para estratégia de produção conforme o item 3.2.2. O Quadro 10 ilustra um *framework* deste relacionamento, que será utilizado como base para a consecução desta pesquisa.

Quadro 10 - Relacionamento das áreas de decisão com as linhas de montagem.

Classificação	Área de decisão	Configurações das linhas de montagem
Estruturais	Tecnologia	Identificação por Radio Frequência (RFID)
		Nível de automatização: linhas manuais; linhas automatizadas; linhas robóticas; máquinas dedicadas; máquinas multifuncionais
		Tecnologias de Manufatura Avançadas (AMTs): Controle Numérico por Computador (CNC), Sistemas de Manufatura Flexíveis (FMS)

		Tecnologias de comunicação de rede: Projeto Auxiliado por Computador (CAD), Manufatura Auxiliada por Computador (CAM), Manufatura Integrada por Computador (CIM), e Intercâmbio de Dados Eletrônicos (EDI)
		Controle do ritmo da linha: ritmada; não ritmada assíncrona; não ritmada síncrona
	Capacidade	Número de linhas
	Integração vertical	Verticalização
		Parceria com fornecedores
	Instalações	Número de modelos: Modelo único; modelos mistos; multi-modelos
Infraestruturais	Medidas de desempenho	Nível de qualidade, produtividade, eficiência, <i>lead time</i> , custo
	Organização	Layout : serial (ou reta); U; linhas paralelas; estações paralelas; tarefas paralelas; Linha de dois lados
		Manutenção
		Abastecimento de componentes/Entregas JIT
		Padrão de trabalho
		Limpeza (5S)
	PCP	Atendimento: MTS, ATO, MTO, ETO
		Programação: Empurrada, Puxada, Híbrida, CONWIP
		Demanda: estável, variável, sazonal
		Tamanho dos lotes de produção
		<i>Buffer</i> : alocação; dimensionamento
		Sequenciamento
		Balanceamento de linha
	Recursos humanos	Nível de polivalência
		Nível de participação dos operadores na produção
		Treinamento e capacitação
		Nível de qualificação
		Motivação, <i>turnover</i>
	Novos produtos	Ergonomia: peso, tamanho, posicionamento, condições ambientais; atividades
		Nível de customização
		Projeto Auxiliado por Computador (CAD)
		Modularidade de componentes

		Engenharia simultânea
		Complexidade do produto
		Ciclo de vida
		Diferenciação de modelos
		Variedade de modelos
	Qualidade	<i>Poka-yoke</i>
		Monitoramento
		Autonomação
		Grupos de melhoria: <i>Kaizen</i> , CCQ
		Controle Estatístico de Processo (CEP)

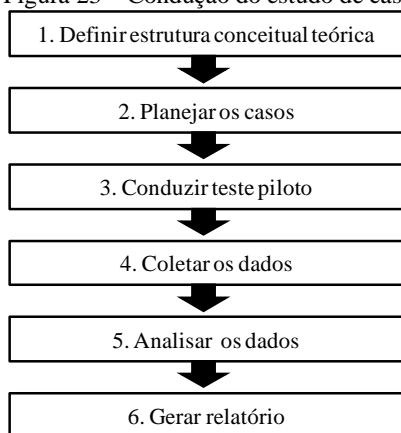
Fonte: desenvolvido pelo autor

A partir do *framework* de relacionamento entre as áreas de decisão e as possibilidades de configuração das linhas de montagem apresentadas no Quadro 10, propõe-se uma investigação e intervenções empíricas, nas empresas a fim de testar e avaliar como as empresas têm configurado seus sistemas de montagem para atender às estratégias que adotaram para competir no mercado. Para isso, no capítulo seguinte será detalhado o método de Estudo de Caso, que constitui a ferramenta metodológica adotada para a realização desta pesquisa.

5 ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS

Neste capítulo é apresentada a primeira parte do estudo de múltiplos casos conduzido a fim de responder à pergunta de pesquisa proposta neste trabalho: Como devem ser as soluções de organização e configuração das linhas de montagem para atender às estratégias competitivas das empresas? O método utilizado está ilustrado na Figura 23, tem seis etapas e foi baseado na proposta de Cauchick *et al.* (2010), e nos trabalhos de Forza (2002), Croom (2005) e Souza (2005).

Figura 23 – Condução do estudo de caso.



Fonte: Cauchick *et al.* (2010)

A primeira etapa do método corresponde à definição da estrutura conceitual teórica apresentada nos Capítulos 3 e 4, e serviu de embasamento para a consecução da aplicação prática. No presente capítulo são apresentadas as etapas introdutórias do estudo de múltiplos casos, referentes às etapas de planejamento, teste piloto, e coleta de dados. No Capítulo 6 discorre-se sobre as análises dos dados coletados, e as propostas de soluções dentro das dez áreas de decisão da estratégia de produção. A última etapa do método proposto refere-se ao desenvolvimento do relatório, que compreende à escrita desta tese propriamente dita.

5.1 PLANEJAMENTO DO ESTUDO DE MÚLTIPLOS CASOS

Nesta etapa foram definidos e desenvolvidos os elementos e condições necessárias para a execução dos estudos de caso. Para isso,

foram selecionadas as unidades de análise, escolhidos e desenvolvidos os meios para coleta e análise dos dados, além da carta de apresentação às empresas e o protocolo de pesquisa para coleta de dados.

Conforme ilustra a Tabela 5, foram selecionadas 23 linhas de montagem em quatro diferentes empresas. Procurou-se nesta seleção eleger linhas de montagem de diferentes produtos e que se enquadram nas diferentes estratégias competitivas (Liderança de custo, diferenciação e enfoque) definidas anteriormente. As empresas são de variados setores, com mais de 30 anos de atuação, e estão entre as líderes de mercado em seus segmentos, apresentando representativo *market-share* no Brasil, e com sólida presença no mercado de exportação. Três destas empresas são multinacionais com plantas em diversos países, e uma delas apresenta planta apenas no país. Estas características inserem as empresas no cenário competitivo mundial, o que pressupõe a adoção das melhores práticas de gestão, o que impacta diretamente em seus sistemas de montagem, que necessitam constantes aprimoramentos a fim de garantir os níveis de eficiência elevados.

Tabela 5 – Lista de empresas e unidades de análise.

Empresa	Setor	Número de unidades de análise
A	Autopeças	3
B	Eletrodomésticos	9
C	Metais sanitários	3
D	Compressores	8
Total		23

Fonte: desenvolvido pelo autor

Com a amostra selecionada espera-se ter como referência unidades de análise com desempenhos superiores e diferentes realidades do processo de montagem, a fim de extrair da análise dos casos exemplos de soluções que se aplicam independentemente do tipo de produto ou setor.

Definidas as empresas e unidades de análise, o passo seguinte foi desenvolver o instrumento e protocolo de pesquisa a serem adotados na etapa de coleta de dados. O questionário, apresentado no Apêndice A, foi desenvolvido com base em perguntas semiestruturadas, nas quais os entrevistados podem responder livremente conforme seus conhecimentos e experiência, a fim de extrair do estudo de caso o maior número de informações possíveis para uma análise mais completa. Este questionário foi estruturado em duas partes. A primeira parte visa a identificação da empresa e a caracterização da linha de montagem

dentro das três estratégias competitivas (Liderança de custo, diferenciação e enfoque). Na segunda parte do instrumento de pesquisa diz respeito à investigação das soluções e configurações das linhas de montagem dentro das áreas de decisão da estratégia de produção, seguindo o *framework* apresentado no Quadro 10, que foi desenvolvido a partir da literatura revisada sobre o assunto. O Quadro 11 resume os itens e assuntos que foram abordados em cada área de decisão. Foram analisados, ao todo, 38 itens dentro das dez áreas de decisão da estratégia de produção.

Quadro 11 – Itens considerados no estudo de caso.

Tipo	Área de decisão	Item
Estruturais (1)	Tecnologia (1.1)	Nível de automatização (1.1.1); identificação de produtos e partes (1.1.2); controle de ritmo (1.1.3); e transporte das unidades (1.1.4).
	Instalações (1.2)	Localização geográfica (1.2.1) e Número de modelos (1.2.2).
	Capacidade (1.3)	Capacidade instalada (1.3.1)
	Integração vertical (1.4)	Itens produzidos internamente (1.4.1), itens fornecidos de terceiros (1.4.2), relacionamento com fornecedores (1.4.3).
Infraestruturais (2)	PCP (2.1)	Política de atendimento (2.1.1); balanceamento de linha (2.1.2); sequenciamento de linha (2.1.3); programação (2.1.4), estoques intermediários (WIP) (2.1.5); características de demanda (2.1.6).
	Organização (2.2)	Layout (2.2.1); manutenção (2.2.2), abastecimento (2.2.3), padrão de trabalho (2.2.4), e tempos e métodos (2.2.5).
	Recursos humanos (2.3)	Polivalência (2.3.1), qualificação (2.3.2), ergonomia (2.3.3), motivação (2.3.4), capacitação (2.3.5), e segurança (2.3.6).
	Novos produtos (2.4)	Personalização (2.4.1), modularidade (2.4.2), engenharia simultânea (2.4.3), características (2.4.4), ciclo de vida (2.4.5), comunicação (2.4.6).
	Qualidade (2.5)	5S (2.5.1), detecção de problemas (2.5.2), monitoramento (2.5.3), grupos de melhoria (2.5.4).
	Medidas de desempenho (2.6)	Indicadores utilizados (2.6.1).

Fonte: desenvolvido pelo autor

Outro passo dentro da etapa de planejamento foi o desenvolvimento da carta de apresentação às empresas, e o protocolo de pesquisa, com o objetivo de direcionar as atividades de coleta de dados, bem como esclarecer aos responsáveis pela pesquisa nessas empresas como seria feita a coleta de dados. Ambos, a carta de apresentação e o protocolo de pesquisa, estão apresentados nos Apêndices B e C, respectivamente.

Na carta de apresentação são explicados em linhas gerais quais os objetivos do estudo e resultados esperados, bem como informações sobre o pesquisador, instituição a que pertence, e condições de confidencialidade. Complementando a carta de apresentação, o protocolo de pesquisa detalha a maneira como foi conduzida a pesquisa além de detalhes sobre os setores e pessoas a serem entrevistadas, e a previsão de tempo das entrevistas. Neste protocolo também constam informações sobre a etapa de pós-coleta de dados, quando são feitas iterações com o responsável da empresa para a complementação dos dados coletados, e também uma devolutiva para a empresa sobre os resultados obtidos no estudo, a fim de retribuir à receptividade e colaboração da mesma com o estudo de caso. Finalizada a etapa de planejamento dos estudos de caso procedeu-se o teste piloto, detalhada na seção subsequente.

5.2 TESTE PILOTO

O teste piloto foi realizado na Empresa C, que produz metais sanitários, com o objetivo de avaliar a dinâmica de pesquisa planejada, e o instrumento de pesquisa desenvolvido. Esta etapa foi de suma importância para o desenvolvimento da pesquisa, pois através do teste piloto foi possível identificar ajustes a serem feitos nos procedimentos, e, principalmente, no instrumento de pesquisa, através de correções, inserções e exclusões de perguntas que resultaram no questionário final apresentado no Apêndice C.

Esta etapa foi executada em apenas uma visita, onde foram entrevistados o gerente de processos, PCP e logística, que responderam às perguntas referentes a uma das linhas de montagem. Após a aplicação do questionário no teste piloto foram realizados alguns ajustes e correções em diversos tópicos, incluídas três perguntas, e excluídas outras duas perguntas, que já estariam sendo abordadas em outros tópicos mais adequados. Aprovado o protocolo e instrumento de pesquisa, partiu-se para a coleta de dados propriamente dita, apresentada no item que segue.

5.3 COLETA DOS DADOS

Nesta etapa foram realizadas visitas às empresas, a fim de extrair as informações necessárias para a etapa seguinte de análise dos dados. Como o conteúdo do material coletado serviria de base para todas as conclusões e influenciaria diretamente os resultados desta pesquisa, o pesquisador buscou agregar a maior quantidade e qualidade possível de informações, não se restringindo apenas às entrevistas estipuladas no protocolo de pesquisa, bem como às perguntas do questionário. Serviram também como informação observações feitas em campo advindas da de observação direta, depoimentos não previstos de colaboradores e documentos acessados.

Esta etapa teve duração total de 6 meses. As visitas eram agendadas como os responsáveis pela pesquisa na empresa, ou diretamente com os colaboradores da área a ser estudada. Ao todo foram realizadas 20 visitas, totalizando 56 horas *in loco* nas empresas. A Tabela 6 traz um detalhamento das visitas nesta etapa de coleta de dados.

Tabela 6 – Lista das visitas e horas dedicadas.

Empresa	Número de visitas	Número de horas presenciais	Código das linhas
A	3	13	A1, A2, A3
B	7	16	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9
C	3	9	C1, C2, C3
D	7	18	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8
Total	20	56	-

Fonte: desenvolvido pelo autor

O número de visitas e carga horária variou de empresa para empresa de acordo com o número de sistemas de montagem estudados e disponibilidade dos colaboradores. Além das visitas presenciais, também foram realizadas diversas interações e coletas de dados não presenciais, através de correio eletrônico e telefonemas.

Além dos dados qualitativos coletados através da aplicação do questionário de pesquisa, também foram coletados dados quantitativos, a fim de permitir análises objetivas, com base em dados reais de desempenho das linhas. Os indicadores escolhidos são relativos aos

assuntos analisados dentro de cada área de decisão e à definição do contexto estratégico das linhas. As áreas de decisão, os indicadores e respectivas medidas encontram-se detalhados no Quadro 12. Os valores de cada indicador para cada linha estudada estão apresentados na sequência.

Quadro 12 – Itens considerados no estudo de caso.

Indicador		Medida
Contexto estratégico	Variedade de modelos	Quantidade de modelos diferentes produzidos na linha
	Nível de customização	Quantidade de características customizáveis pelo cliente
	Variedade de SKUs	Quantidade de SKUs produzidos na linha
	Taxa de introdução de novos produtos	novos produtos/ano
	Throughput	peças/hora
	Tamanho dos lotes de produção	peças/ote
	Ritmo de consumo do cliente	segundos/peça
Tecnologia	Número total de postos de trabalho	Número de postos
	Número de postos manuais	Número de postos
	Número de postos semiautomáticos	Número de postos
	Número de postos automatizados	Número de postos
Capacidade	Tempo líquido de produção	minutos/semana
	Produção diária da linha	peças/dia
	Capacidade máxima da linha	peças/dia (considerando número máximo de turnos)
	Número de linhas	Quantidade de linhas que produzem o mesmo produto
Integração	Número de componentes do produto	Quantidade de componentes do produto
	Número de componentes produzidos internamente	Quantidade de componentes produzidos internamente

Indicador		Medida
	Número de componentes produzidos por terceiros	Quantidade de componentes adquiridos por terceiros
	Giro de estoques de componentes	Demanda média / estoque médio de componentes no almoxarifado
PCP	Nível de atendimento	porcentagem de entregas no prazo
	Utilização (%)	Produção média / Capacidade máxima
	Giro médio de estoque de acabados	giros (Demanda média/Estoque médio de acabados)
Organização	Disponibilidade (%)	(tempo programado - paradas não planejadas) / tempo programado
	Qualidade (%)	peças defeituosas / total de peças
	Performance (%)	quantidade produzida / quantidade nominal da linha
	O.E.E. (%)	disponibilidade x qualidade x performance
RH	Índice de absenteísmo	total de ausências / (total de pessoas x dias trabalhados)
	Índice de rotatividade (turnover)	((entradas + saídas) / 2) / (total de funcionários)
	Nível de polivalência	Número de operadores polivalentes em relação ao total de operadores
Produtos	Índice de modularidade	Porcentagem de peças intercambiáveis entre os modelos
	Ciclo de vida do produto	Tempo que o produto fica ativo (anos)

Fonte: desenvolvido pelo autor

5.3.1 Empresa A

A primeira empresa do estudo de caso, denominada Empresa A, pertence a um grupo multinacional europeu fundado em 1886, que atua por intermédio de mais de 300 subsidiárias e empresas regionais em mais de 60 países, e conta com uma equipe de 283.500 colaboradores em todo o mundo. No Brasil o grupo atua desde 1954, e registrou em 2010 um faturamento de R\$ 4,5 bilhões, tem plantas em 10 localidades e emprega cerca de 11.000 colaboradores.

Em seus negócios o grupo da Empresa A atua em três diferentes setores. No setor de tecnologia automotiva o grupo detém 59% do mercado mundial, sendo o maior fornecedor automotivo de tecnologia de ponta. No setor de tecnologia industrial possui 16% das vendas mundiais, e por fim, no mercado de bens de consumo e tecnologia de construção possui 25% das vendas globais.

Para o estudo de caso na empresa foram selecionadas três linhas de montagem de produtos distintos. As linhas A1 e A2 montam produtos para o setor de tecnologia automotiva e estão situadas na mesma planta fabril no estado de São Paulo. Por motivos de confidencialidade os produtos não podem ser divulgados. Já a linha A3 está instalada em outra planta no estado de Santa Catarina, e produz para o mercado de tecnologia industrial. O produto produzido é a unidade hidráulica, que tem características predominantes de customização.

A coleta de dados na Empresa A foi realizada em três visitas, totalizando 13 horas presenciais. Sendo que duas visitas (8h) dedicadas às linhas A1 e A2, e uma visita de 5h para os dados referentes à linha A3, conforme ilustra a Tabela 7. Devido a distância e questões logísticas grande parte dos dados foram coletado através de correio eletrônico e telefonemas.

Tabela 7 – Agenda das visitas na Empresa A.

Visita	Data	Motivo	Duração (horas)
1	17/07/2012	Conhecer as linhas A1 e A2, bem como demais processos, logística de abastecimento, produtos, etc., entrevistar gestores e colaboradores.	4
2	23/10/2012	Entrevistar gestores e colaboradores e consolidar respostas aos questionários.	4
3	14/01/2013	Conhecer linha A3, e demais processos. Entrevistar gestores e colaboradores e consolidar respostas aos questionários.	5
Total			13

Fonte: desenvolvido pelo autor

Durante as visitas presenciais e entrevistas buscou-se responder às questões do questionário de pesquisa, a fim de mapear as soluções e configurações das linhas de montagem estudadas, dentro das dez áreas

de decisão da estratégia de produção. Além do questionário, também foram levantados dados quantitativos referentes ao desempenho das linhas. Ambos os dados foram utilizados para as análises que serão apresentadas no Capítulo 6, e encontram-se descritos no Apêndice D e Tabela 8, respectivamente.

Tabela 8 – Dados quantitativos da Empresa A.

Indicador	A1	A2	A3
Variedade de modelos	20	10	20
Nível de customização	0	0	50
Variedade de SKUs	50	40	400
Taxa de introdução de novos produtos	3	15	48
Throughput	637	175	0,03
Tamanho dos lotes de produção	5.000	600	1
Ritmo de consumo do cliente	5	15	108.000
Número total de postos de trabalho	29	14	6
Número de postos manuais	3	2	4
Número de postos semiautomáticos	0	12	1
Número de postos automatizados	26	0	0
Tempo líquido de produção	7.495	6.605	2.640
Produção diária da linha	14.651	4.280	0,29
Capacidade máxima da linha	17.237	4.896	1
Número de linhas	2	2	4
Número de componentes do produto	16	90	33
Número de componentes produzidos internamente	0	12	3
Número de componentes produzidos por terceiros	16	78	30
Giro de estoques de componentes	0,17	0,25	0,06
Nível de atendimento	98,00%	99,00%	90,00%
Utilização (%)	85,00%	87,42%	29,33%
Giro médio de estoque de acabados	13,75	11,00	3,00
Disponibilidade (%)	86,00%	80,00%	-
Qualidade (%)	99,70%	99,85%	92,00%

Indicador	A1	A2	A3
Performance (%)	94,40%	97,00%	60,00%
O.E.E. (%)	81,00%	77,00%	-
Índice de absenteísmo	3,00%	4,00%	3,00%
Índice de rotatividade (turnover)	3,00%	5,00%	3,00%
Nível de polivalência	90,0%	100,0%	83,3%
Índice de modularidade	94,00%	80,00%	40,00%
Ciclo de vida do produto	5	5	1

Fonte: desenvolvido pelo autor

5.3.2 Empresa B

A Empresa B faz parte de um grupo multinacional de origem americana fundado em 1911, que é líder mundial no mercado de eletrodomésticos. Em seu portfólio estão incluídos produtos para o cuidado de tecidos, cozinha, refrigeração, lavadoras de prato, equipamentos de bancada, organização de garagens, e filtros de água. O grupo faturou mais de 19 bilhões de dólares em 2011, e conta com a força de trabalho de 68 mil colaboradores em e 66 centros de manufatura e pesquisa pelo mundo. No Brasil são três unidades fabris, quatro centros de tecnologia e dois centros de distribuição.

O estudo de caso na Empresa B foi realizado na unidade do sul do país, e considerou nove diferentes linhas de montagem. A lista das linhas e seus respectivos produtos estão apresentados no Quadro 13. Nesta amostra, as linhas B1, B2, B3, B4, B5, B6, e B8 apresentam configurações semelhantes, com moldes que injetam polipropileno (PP) no início do processo, e as demais montagens realizadas de forma sequencial em uma linha com layout serial.

Quadro 13 – Produtos das linhas da Empresa B.

Linha	Produtos
B1	Freezer vertical e refrigeradores
B2	Refrigeradores
B3	Refrigeradores
B4	Freezer vertical e refrigeradores
B5	Refrigeradores
B6	Refrigeradores
B7	Secadora de roupas

B8	Refrigeradores
B9	Freezer horizontal, freezer vertical compacto, e refrigerador compacto

Fonte: desenvolvido pelo autor

A linha B7 que monta secadoras de roupas tem formato de U e funciona como uma célula de montagem, onde o operador monta um produto do início ao fim. A linha B9 produz três diferentes modelos de produtos e tem formato de Y, onde os diferentes modelos iniciam a produção em paralelo, e depois se unem na mesma linha para a conclusão da montagem. Para a coleta de dados na empresa foram realizadas 7 visitas e um total de 16 horas presenciais, conforme ilustra a Tabela 9. Além das entrevistas presenciais também foram coletados dados por correio eletrônico e telefone.

Tabela 9 – Agenda das visitas na Empresa B.

Visita	Data	Motivo	Duração (horas)
1	23/07/2012	Visita de apresentação	2
2	01/08/2012	Visita ao processo produtivo	3
3	15/08/2012	Entrevista com área de planejamento	3
4	06/09/2012	Entrevista com área de planejamento.	2
5	13/09/2012	Entrevista com área de engenharia de processo e logística	2
6	03/10/2012	Coleta de dados gerais	2
7	06/12/2012	Coleta de dados de desempenho	2
Total			16

Fonte: desenvolvido pelo autor

Os dados coletados referentes ao questionário de pesquisa aplicado para a Empresa B estão apresentados no Apêndice E. Além destes, também foram coletados dados quantitativos, referentes ao desempenho das linhas estudadas, que seguem ilustrados na Tabela 10. Ambos os dados coletados foram utilizados na etapa de análise do Capítulo 6.

Tabela 10 – Dados quantitativos da Empresa B.

Indicador	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Variedade de modelos	11	6	10	7	12	12	3	10	28
Nível de customização	0	0	0	0	9	0	0	0	0
Variedade de SKUs	37	13	22	14	30	28	7	35	52
Taxa de introdução de novos produtos	36	36	27	30	12	24	40	17	36
Throughput	70,00	102,00	120,00	120,00	77,00	106,00	20,00	75,00	114,00
Tamanho dos lotes de produção	1.400	1.900	2.200	1.800	1.500	2.100	120	1.500	200
Ritmo de consumo do cliente	51	35	30	34	46	33	302	48	32
Número total de postos de trabalho	106	98	158	113	155	153	10	170	152
Número de postos manuais	96	88	149	105	145	144	10	160	145
Número de postos semiautomáticos	6	6	6	5	7	6	0	7	5
Número de postos automatizados	4	4	3	3	3	3	0	3	2
Tempo líquido de produção	7.620	7.620	7.620	7.620	7.620	7.620	2.946	7.620	7.620
Produção diária da linha	1.086	1.617	2.262	1.752	1.526	1.951	360	1.377	2.085
Capacidade máxima da linha	1.680	2.448	2.880	2.880	1.848	2.544	480	1.800	2.736
Número de linhas	2	2	1	1	2	1	1	2	1
Número de componentes do produto	351	373	498	358	979	618	302	858	356

Indicador	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Número de componentes produzidos internamente	83	88	118	85	231	146	71	203	84
Número de componentes produzidos por terceiros	268	285	380	273	748	472	231	655	272
Giro de estoques de componentes	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
Nível de atendimento									
Utilização (%)	64,64%	66,05%	76,01%	60,83%	82,58%	76,69%	79,17%	76,50%	76,21%
Giro médio de estoque de acabados	4,20	3,40	3,40	2,50	5,00	5,00	1,40	5,00	1,63
Disponibilidade (%)	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	93,00%	88,00%
Qualidade (%)	90,45%	89,97%	96,85%	86,82%	72,94%	82,22%	98,73%	86,70%	85,78%
Perfomance (%)	64,64%	66,05%	78,54%	60,83%	82,58%	76,69%	75,00%	76,50%	76,21%
O.E.E. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice de absenteísmo	4,80%	4,80%	5,10%	6,00%	3,90%	3,50%	7,10%	3,70%	4,90%
Índice de rotatividade (turnover)	23,70%	16,60%	21,60%	15,77%	25,57%	24,20%	5,60%	22,90%	17,90%
Nível de polivalência									
Índice de modularidade	25,00%	49,85%	59,00%	41,86%	13,48%	61,21%	82,00%	10,73%	87,00%
Ciclo de vida do produto	4	3	4	4	2	3	4	2	9

Fonte: desenvolvido pelo autor

5.3.3 Empresa C

A única empresa estudada nesta pesquisa que ainda tem capital totalmente nacional é a Empresa C, fundada em 1956 no estado de Santa Catarina para a produção de metais-sanitários. Atualmente a empresa é a líder de mercado no país, e maior exportadora de metais sanitários na América Latina, contando com mil e quinhentos colaboradores em sua única planta.

Na Empresa C foram escolhidas três linhas com diferentes características de produtos e volumes de produção. A linha C1 monta torneiras com baixos volumes de demanda e frequência, Já a linha C2 monta torneiras com maiores volumes de demanda, e a linha C3 produz registros de gaveta em grandes quantidades, o que exige um ritmo maior da linha. Para a etapa de coleta de dados foram realizadas três visitas à empresa, somando-se nove horas presenciais, conforme consta na Tabela 11. Além das visitas presenciais, também houve iterações por email e telefone no sentido de coletar todos os dados necessários para as análises.

Tabela 11 – Agenda das visitas na Empresa C.

Visita	Data	Motivo	Duração (horas)
1	05/07/2012	Reunião inicial e conhecimento do processo produtivo	2
2	16/07/2012	Aplicação do questionário	3
3	15/08/2012	Aplicação do questionário e visita ao processo	4
Total			9

Fonte: desenvolvido pelo autor

A partir das visitas e iterações foram coletadas as informações referentes ao questionário de pesquisa, e também dados quantitativos de desempenho das linhas de montagem, para uma análise mais objetiva. O Apêndice F e Tabela 12 ilustram as informações coletadas.

Tabela 12 – Dados quantitativos da Empresa C.

Indicador	C1	C2	C3
Variedade de modelos	57	5	3
Nível de customização	3	3	0
Variedade de SKUs	346	56	138

Indicador	C1	C2	C3
Taxa de introdução de novos produtos	3	2	2
Throughput	10	54	490
Tamanho dos lotes de produção	30	300	1.000
Ritmo de consumo do cliente	270	40	8
Número total de postos de trabalho	7	6	4
Número de postos manuais	6	5	2
Número de postos semiautomáticos	1	1	2
Número de postos automatizados	0	0	0
Tempo líquido de produção	6.495	6.495	6.495
Produção diária da linha	93	1.000	8.500
Capacidade máxima da linha	1.120	2.000	12.000
Número de linhas	1	1	1
Número de componentes do produto	24	33	12
Número de componentes produzidos internamente	13	12	7
Número de componentes produzidos por terceiros	11	21	5
Giro de estoques de componentes	0,1	4,54	2,79
Nível de atendimento	87,05%	87,05%	87,05%
Utilização (%)	8,30%	50%	70,83%
Giro médio de estoque de acabados	0,86	2,97	1,61
Disponibilidade (%)	95,00%	95,00%	95,00%
Qualidade (%)	99,33%	99,79%	98,97%
Performance (%)	100,00%	96,00%	100,00%
O.E.E. (%)	94,36%	91,01%	94,02%
Índice de absentéismo	2,85%	2,85%	2,85%
Índice de rotatividade (<i>turnover</i>)	2,66%	2,66%	2,66%
Nível de polivalência	100,0%	100,0%	100,0%
Índice de modularidade	68,00%	85,00%	93,00%
Ciclo de vida do produto	15	15	30

Fonte: desenvolvido pelo autor

5.3.4 Empresa D

Por fim, a Empresa D produz compressores, e faz parte do mesmo grupo de negócios da Empresa B, e inclusive é um dos seus fornecedores de compressores para eletrodomésticos. Fundada no sul do

Brasil no ano de 1971, a empresa está presente no mercado de 80 países, e também possui plantas na Itália, Eslováquia, México, e China, com dez mil colaboradores contabilizados no total.

O estudo de caso realizado na empresa tomou como objetos de análise oito linhas de montagem. Sendo que as linhas D1, D2, D3, D4 montam compressores pequenos, e as linhas D5, D6, D7, D8 produzem os compressores médios. Ambas as oito linhas possuem as mesmas estruturas e concepções de soluções e configurações.

Para a coleta de dados na Empresa D foram realizadas sete visitas, totalizando 18 horas presenciais, conforme detalhado na Tabela 13. Além das visitas foram realizadas diversas iterações por correio eletrônico e telefone, a fim de se extrair todas as informações necessárias para a análise.

Tabela 13 – Agenda das visitas na Empresa D.

Visita	Data	Motivo	Duração (horas)
1	17/07/2012	Primeira Reunião.	2
2	09/08/2012	Visita ao processo produtivo.	3
3	16/08/2012	Entrevista com setor de planejamento.	2
4	22/08/2012	Entrevista com setor de planejamento.	3
5	14/09/2012	Entrevista com setor de logística de abastecimento, relacionamento com fornecedores e engenharia de processo.	2
6	21/09/2012	Entrevista com setor de engenharia, visita à planta, e apresentação da semana da qualidade.	5
7	03/10/2012	Coletar dados no setor de engenharia.	1
Total			18

Fonte: desenvolvido pelo autor

Ao fim da etapa de coleta de dados na Empresa D foram anotadas informações referentes ao questionário de pesquisa, apresentadas no Apêndice G. E também dados quantitativos, referentes ao desempenho da linha, apresentados na Tabela 14. Ambas as informações foram utilizadas na etapa de análise, apresentada no Capítulo 6.

Tabela 14 – Dados quantitativos da Empresa D.

Indicador	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Variedade de modelos	2	1	1	1	1	1	3	1
Nível de customização	0	0	0	0	0	0	0	0
Variedade de SKUs	193	140	61	118	73	20	65	25
Taxa de introdução de novos produtos	3	3	2	3	3	3	3	3
<i>Throughput</i>	400	400	400	360	420	420	390	438
Tamanho dos lotes de produção	1.200	1.800	1.030	840	1.450	1.625	590	1.515
Ritmo de consumo do cliente	9,00	9,00	9,00	9,60	8,27	8,27	9,23	8,27
Número total de postos de trabalho	64	69	60	57	72	67	65	42
Número de postos manuais	25	23	30	32	32	27	27	31
Número de postos semiautomáticos	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de postos automatizados	39	46	30	25	40	40	38	9
Tempo líquido de produção	7.467	7.467	7.467	7.467	7.467	7.467	7.467	7.467
Produção diária da linha	8.800	8.800	8.800	8.000	9.200	9.200	8.600	9.600
Capacidade máxima da linha	9.600	9.600	9.600	9.000	10.320	10.200	9.600	10.800
Número de linhas	3	3	3	1	1	2	3	2

Indicador	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Número de componentes do produto	40	40	40	40	35	35	35	35
Número de componentes produzidos internamente	20	20	20	20	16	16	16	16
Número de componentes produzidos por terceiros	20	20	20	20	19	19	19	19
Giro de estoques de componentes	3	3	3	3	3	3	3	3
Nível de atendimento	51,50%	45,00%	45,00%	58,00%	4,00%	12,00%	11,67%	7,00%
Utilização (%)	91,67%	91,67%	91,67%	88,89%	89,15%	90,20%	89,58%	88,89%
Giro médio de estoque de acabados	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38
Disponibilidade (%)	82,15%	82,75%	86,89%	91,14%	88,00%	88,00%	86,00%	92,50%
Qualidade (%)	48,00%	27,00%	40,00%	20,00%	9,78%	17,00%	6,00%	
Performance (%)	95,00%	99,20%	96,24%	93,29%	94,60%	97,30%	89,60%	92,50%
O.E.E. (%)	86,13%	81,94%	83,34%	84,87%	83,80%	86,13%	77,15%	84,50%
Índice de absenteísmo	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice de rotatividade (turnover)	-	-	-	-	-	-	-	-
Nível de polivalência	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice de modularidade	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%	88,00%
Ciclo de vida do produto	25	25	25	25	25	25	25	25

Fonte: desenvolvido pelo autor

5.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentadas as etapas introdutórias do estudo de múltiplos casos, referentes ao planejamento, teste piloto, e coleta de dados. Na etapa de planejamento foram escolhidas as 23 linhas de montagem instaladas em quatro diferentes empresas. Como unidades de análise, foram selecionadas linhas de diferentes tipos de produtos, instaladas em empresas sólidas e líderes no mercado nacional, além de atuarem também no mercado de exportação. Três das quatro empresas estudadas são multinacionais e adotam os mesmos padrões de gestão internacionais das unidades de negócio fora do Brasil. Tais características permitem que as linhas estudadas utilizam boas práticas, e seus desempenhos são reconhecidos pelo mercado. Neste sentido, considera-se que as propostas e análises originadas do estudo das linhas selecionadas tem significativo potencial para generalizações.

O questionário de pesquisa desenvolvido considera possíveis alternativas de soluções de linhas nas diferentes áreas de decisão, levantadas na literatura revisada sobre linhas de montagem. Através da aplicação do questionário nas empresas foi possível coletar informações qualitativas de como as empresas tem organizado suas linhas para atender suas estratégias. Estas informações, aliadas aos dados quantitativos coletados sobre o desempenho das linhas, fornecem uma boa base para as análises e propostas de soluções desenvolvidas no capítulo subsequente.

6 ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa, os dados qualitativos e quantitativos são analisados a fim de se extrair as informações necessárias para responder à questão de pesquisa desta tese. Neste sentido, primeiramente buscou-se, com o apoio dos dados coletados, enquadrar cada uma das vinte e três linhas de montagem estudadas em uma das três diferentes estratégias competitivas ou contexto estratégico (Liderança de custo, Diferenciação ou Enfoque).

Classificadas as linhas em suas respectivas estratégias competitivas, as análises foram direcionadas para a proposição de soluções para a organização e configurações das linhas para cada tipo de estratégia competitiva, dentro de cada uma das dez áreas de decisão da estratégia de produção (tecnologia, instalações, capacidade, integração vertical, planejamento e controle da produção, organização, recursos humanos, novos produtos, qualidade e medidas de desempenho). Ao final das análises das áreas de decisão é apresentado um *framework* com as propostas concebidas. Propostas estas que sintetizam as análises das vinte e três linhas de montagem do estudo de múltiplos casos realizado e constituem a principal contribuição deste trabalho.

6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS LINHAS DE MONTAGEM

Nesta pesquisa, a classificação das linhas de montagem faz-se necessária a fim de agrupar linhas com características em comum, para então se propor soluções e configurações que se mostrem mais adequadas para atender tais características. Do contrário, propor soluções para as linhas de montagem por tipo de produto, seria muito complexo, pouco abrangente, e poderia levar muito tempo. Por esse motivo, a classificação das linhas de montagem segundo as estratégias competitivas das empresas foi escolhida. Pois, de uma forma mais ampla, as características de padronização do produto e volume de produção interferem diretamente nas soluções e configurações das linhas de montagem, e são características chaves para a implantação de soluções que venham a possibilitar o ritmo e flexibilidade, dentre outros, desejados.

O que se observa dentro das empresas não é a adoção de uma estratégia isolada, mas sim a combinação de estratégias, que vão desde a produção de um produto mais simples, padronizado, com baixo custo e produzido em grandes lotes, a um produto mais elaborado, customizado e produzido em baixa escala. Contudo, uma constatação que pôde ser observada nesta pesquisa, mesmo que uma empresa adote mais de uma

estratégia, e inclusive utilize-se dos mesmos recursos para a fabricação de componentes, os produtos com estratégias diferentes são montados em linhas diferentes, a fim de se conseguir o resultado desejado. Por este motivo a classificação segundo a estratégia competitiva se mostrou adequada para os fins deste trabalho.

Para classificar as linhas de montagem estudadas, buscou-se primeiramente identificar quais aspectos expressos na forma de indicadores, poderiam retratar a estratégia competitiva mais adequada.

Neste sentido utilizou-se as variáveis da estratégia genérica proposta por Souza e Voss (2001), e apresentadas no item 3.2.3 da revisão da literatura sobre estratégia de negócios. Porém como o presente trabalho tem foco em linhas de montagem, foi excluída a variável “tipo de processo”, por se tratar apenas de montagem. E além disso foram incluídas as variáveis *throughput* (taxa de produção), ritmos de consumo do cliente (*takt-time*), e variedade de SKUs. Desta maneira as variáveis das estratégias genéricas adotadas são: variedade de modelos, variedade de SKUs, nível de customização, taxa de introdução de novos modelos, *throughput* da linha, ritmo de consumo do cliente (*takt-time*), e tamanho dos lotes de produção. O Quadro 14 descreve cada uma das variáveis escolhidas.

Quadro 14 – Descrição das variáveis das estratégias genéricas.

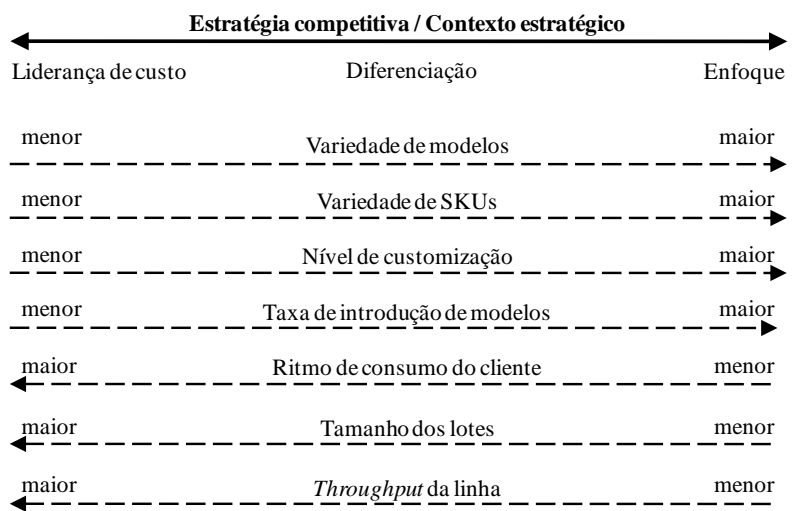
Variáveis das estratégias genéricas	Descrição
Nível de customização dos produtos	Medida em quanto os produtos de uma linha são personalizados. Ex: Medida pela qual as características básicas do produto são conhecidas como prioridade a ponto de serem determinadas ou influenciadas pelo consumidor.
Variedade de modelos	Reflete o número de diferentes modelos de produto que são montados na mesma linha.
Variedade de SKUs	Reflete o número de variações possíveis dos modelos produzidos na mesma linha.
Taxa de introdução de novos produtos	Frequência de introdução de novos produtos e mudanças no projeto dos produtos. A ênfase está na consequência destes eventos para a linha.
Throughput da linha	Refere-se á taxa de produção da linha.
Tamanho dos lotes de	Tamanho dos lotes de montagem adotados no

Variáveis das estratégias genéricas	Descrição
montagem	processo (pequenos lotes de produtos similares, que requerem setups rápidos, ou sem setups, devem ser considerados apenas um lote único).
Ritmo de consumo do cliente (<i>takt-time</i>)	O ritmo de consumo do cliente interfere diretamente no ritmo de trabalho na linha.

Fonte: desenvolvido pelo autor

A Figura 24 ilustra a relação entre as variáveis citadas e as estratégias competitivas das linhas. Como pode ser observado, quanto maior a variedade de modelos e SKUs, nível de customização dos produtos e a taxa de introdução de novos modelos, mais voltada para as necessidades específicas dos clientes a linha vai se direcionar, portanto mais adequada à estratégia de Enfoque. Por outro lado, quanto maior o *throughput* da linha, o ritmo de consumo do cliente, e o tamanho dos lotes de produção adotados, maior será o volume de produção e a padronização do produto, e, portanto, mais relacionada à estratégia de Liderança de custo a linha será caracterizada. Entre os dois extremos citados está a estratégia de Diferenciação, com variedade, *throughput*, ritmos e lotes médios.

Figura 24 – Relação entre as variáveis e as estratégias.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Definidas as variáveis para a classificação das linhas de montagem, o passo seguinte foi identificar indicadores que permitissem uma classificação mais objetiva das linhas estudadas. Os indicadores e respectivas características estão listados no Quadro 15.

Quadro 15 – Indicadores das variáveis do contexto estratégico.

Variáveis	Indicador	Medida
Variedade de modelos (Ivm)	Quantidade de modelos	Número de modelos/linha
Variedade de SKUs (Ivs)	Quantidade de SKUs	Número de SKUs/linha
Nível de customização (Inc)	Quantidade de atributos customizáveis pelo cliente	Número de características /produto
Taxa de introdução de modelos (Iti)	Taxa de introdução de modelos	Número de novos modelos na linha/ano
Ritmo de consumo do cliente (Irc)	<i>Takt-time</i>	segundos/peça
Tamanho dos lotes de montagem (Itl)	Lote médio de produção	peças/lote
<i>Throughput</i> da linha (Itr)	<i>Throughput</i>	peças/hora

Fonte: desenvolvido pelo autor

Cada um dos indicadores apresentados representa um valor quantitativo para a respectiva variável em cada uma das 23 linhas. Porém, com os valores absolutos dos indicadores não se poderia chegar a conclusões sobre a classificação das linhas de montagem, o que se tornou possível ao se relativizar o valor absoluto do indicador para uma linha, com os valores das demais linhas. Foi criado um índice de 0% a 100% que posiciona uma linha em relação às demais.

Para os indicadores diretamente proporcionais, o valor absoluto máximo obtido dentre as linhas equivale ao índice de 100%, e o valor mínimo equivale a um índice de 0%. Como por exemplo, no indicador Lote médio de produção, onde o valor máximo observado foi de 5.000 peças para a linha A1, que obteve 100% de índice neste indicador. Já a linha A3 apresentou o menor Lote médio observado, com lote unitário, e recebeu índice 0% para este indicador. Como exemplo de um valor intermediário temos a linha B3 com 2.400 peças que recebeu um índice de 48% no índice de lote médio. A Fórmula 1 ilustra a fórmula para o

cálculo do índice para os indicadores diretamente proporcionais, que são: ritmo de consumo do cliente, tamanho dos lotes e *throughput* da linha.

Fórmula 1 – Índices diretamente proporcionais.

$$\text{Índice} = \frac{\text{valor do indicador} - \text{valor mínimo observado}}{\text{valor máximo observado} - \text{valor mínimo observado}}$$

Para os indicadores inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor seu valor mais ligado à estratégia de Liderança de custo, ou, quanto maior, mais ligado à estratégia de Enfoque, é preciso corrigir os valores a fim de encontrar o índice correto. A Fórmula 2 ilustra a maneira de calcular os índices deste tipo de indicador. Os indicadores que se enquadram nesta característica são: variedade de modelos, variedade de SKUs, nível de customização, e taxa de introdução de modelos.

Fórmula 2 – Índices inversamente proporcionais.

$$\text{Índice} = 1 - \frac{\text{valor do indicador} - \text{valor mínimo observado}}{\text{valor máximo observado} - \text{valor mínimo observado}}$$

Ao se encontrar os índices relativos de cada um dos indicadores, o próximo passo consiste em utilizá-los para a determinação de um único índice capaz de sugerir uma classificação das linhas de montagem em uma das três estratégias competitivas definidas. A este índice geral da linha deu-se o nome de índice de estratégia, que é calculado através da média simples dos índices específicos.

A média simples foi escolhida em detrimento a outros tipos de cálculo, como a média ponderada, por exemplo, devido a sua simplicidade de cálculo. Além disto, ao aplicar a média simples para o cálculo dos índices de estratégia das linhas, o resultado obtido foi bastante significativo, e capaz de posicionar as linhas com bastante proximidade à realidade.

Com a determinação de um índice de estratégia que resume as seis principais características das linhas, se torna possível enquadrar cada uma das vinte e três linhas estudadas em uma das três estratégias competitivas. Neste sentido propôs-se o enquadramento das linhas de acordo com o intervalo em que o respectivo índice de classificação se encontra, conforme consta no Quadro 16.

Quadro 16 – Intervalos dos índices de classificação.

Intervalos dos Índices de classificação	Classificação da estratégia
Índice de estratégia < 30%	Enfoque
$30\% \leq$ Índice de estratégia < 70%	Diferenciação
Índice de estratégia $\geq 70\%$	Liderança de custo

Fonte: desenvolvido pelo autor

Conforme proposto, as linhas com índices de estratégia inferiores a 30% são consideradas dentro da estratégia de Enfoque. Os valores compreendidos entre 30% e 70% se enquadram na estratégia de diferenciação. Enfim, índices de estratégia maiores ou iguais a 70% representam linhas de montagem voltadas para a estratégia de Liderança de custo. Estes parâmetros foram determinados a partir dos resultados obtidos para o presente estudo de caso, sendo que os limites fazem com que as linhas sejam classificadas em estratégias competitivas condizentes com a realidade, como detalhado na sequência.

Uma contribuição do presente trabalho é a definição do método de classificação das linhas de montagem nas estratégias competitivas, compreendendo os passos i) identificar os indicadores que expressam a estratégia competitiva ii) medir os indicadores iii) calcular os índices relativos de cada indicador, iv) calcular o índice de estratégia das linhas, e v) posicionar a linha dentro das estratégias competitivas. Através desta metodologia foi possível fazer a classificação das linhas de maneira objetiva e baseada em dados reais das empresas, de forma a evitar classificações com base em análises subjetivas e, portanto, com maior chance de erros.

As informações obtidas durante a etapa de coleta de dados foram estruturadas inicialmente para o cálculo dos índices relativos para cada linha de montagem para cada indicador. A Tabela 15 ilustra o resultado desta análise. Inicialmente foram encontrados os valores máximos e mínimos para cada indicador, e, com base nestes foram calculados os índices para cada linha. Por fim, o índice de estratégia da linha foi calculado através da média simples dos índices encontrados. A Figura 25 ilustra o resultado geral obtido e a classificação de cada uma das linhas estudadas em sua respectiva estratégia competitiva, conforme detalhado a seguir.

Tabela 15- Índice de classificação das linhas

Indicador	Máximo	Mínimo	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Variedade de modelos	57	1	66,1%	83,9%	66,1%	82,1%	91,1%	83,9%
Nível de customização	50	0	100,0%	100,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Variedade de SKUs	400	7	89,1%	91,6%	0,0%	92,4%	98,5%	96,2%
Taxa de introdução de modelos	48	2	97,8%	71,7%	0,0%	26,1%	26,1%	45,7%
Throughput	637	0,03	100,0%	27,5%	0,0%	11,0%	16,0%	18,8%
Tamanho dos lotes de montagem	5.000	1	100,0%	12,0%	0,0%	28,0%	38,0%	44,0%
Ritmo de consumo do cliente	108.000	4,65	100,0%	100,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Índice de classificação			93,3%	69,5%	9,4%	62,8%	67,1%	69,8%

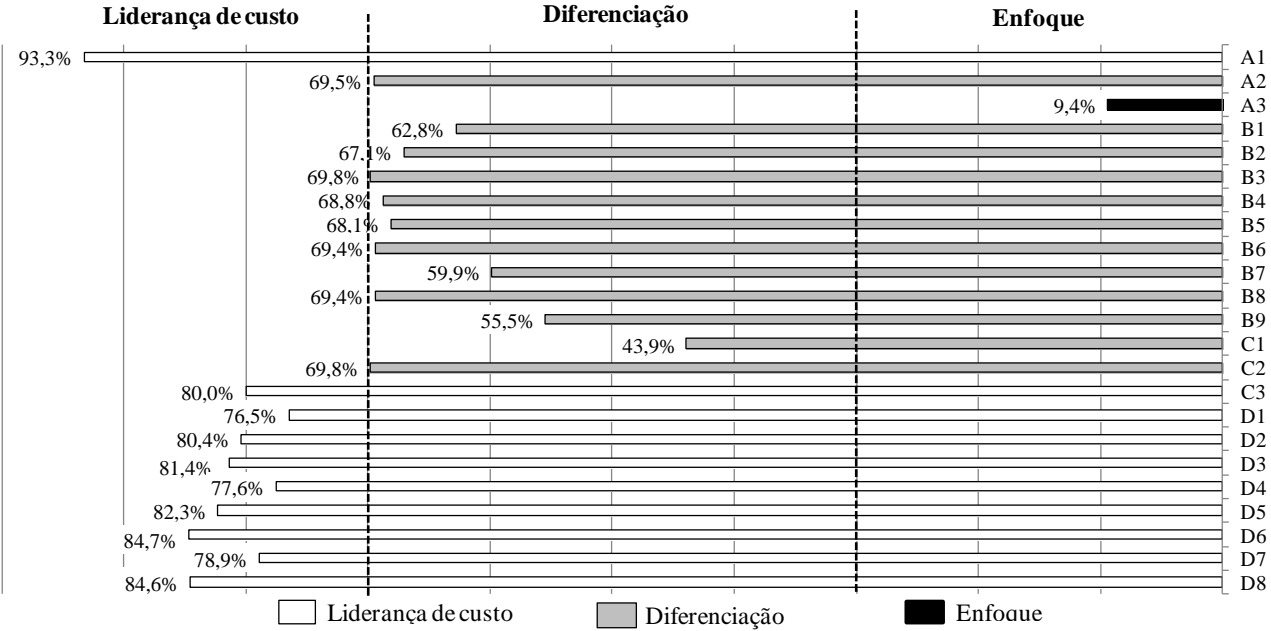
Indicador	Máximo	Mínimo	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Variedade de modelos	57	1	89,3%	80,4%	80,4%	96,4%	83,9%	51,8%
Nível de customização	50	0	100,0%	82,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Variedade de SKUs	400	7	98,2%	94,1%	94,7%	100,0%	92,9%	88,5%
Taxa de introdução de modelos	48	2	39,1%	78,3%	52,2%	17,4%	67,4%	26,1%
Throughput	637	0,03	18,8%	12,1%	16,6%	3,1%	11,8%	17,9%
Tamanho dos lotes de montagem	5.000	1	36,0%	30,0%	42,0%	2,4%	30,0%	4,0%
Ritmo de consumo do cliente	108.000	4,65	100,0%	100,0%	100,0%	99,7%	100,0%	100,0%
Índice de classificação			68,8%	68,1%	69,4%	59,9%	69,4%	55,5%

Indicador	Máximo	Mínimo	C1	C2	C3	D1	D2	D3
Variedade de modelos	57	1	0,0%	92,9%	96,4%	98,2%	100,0%	100,0%
Nível de customização	50	0	94,0%	94,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Variedade de SKUs	400	7	13,7%	87,5%	66,7%	52,7%	66,2%	86,3%
Taxa de introdução de modelos	48	2	97,8%	100,0%	100,0%	97,8%	97,8%	100,0%
<i>Throughput</i>	637	0,03	1,6%	8,5%	76,9%	62,8%	62,8%	62,8%
Tamanho dos lotes de montagem	5.000	1	0,6%	6,0%	20,0%	24,0%	36,0%	20,6%
Ritmo de consumo do cliente	108.000	4,65	99,8%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Índice de classificação			43,9%	69,8%	80,0%	76,5%	80,4%	81,4%

Indicador	Máximo	Mínimo	D4	D5	D6	D7	D8
Variedade de modelos	57	1	100,0%	100,0%	100,0%	96,4%	100,0%
Nível de customização	50	0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Variedade de SKUs	400	7	71,8%	83,2%	96,7%	85,2%	95,4%
Taxa de introdução de modelos	48	2	97,8%	97,8%	97,8%	97,8%	97,8%
<i>Throughput</i>	637	0,03	56,5%	65,9%	65,9%	61,2%	68,8%
Tamanho dos lotes de montagem	5.000	1	16,8%	29,0%	32,5%	11,8%	30,3%
Ritmo de consumo do cliente	108.000	4,65	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Índice de classificação			77,6%	82,3%	84,7%	78,9%	84,6%

Fonte: desenvolvido pelo autor

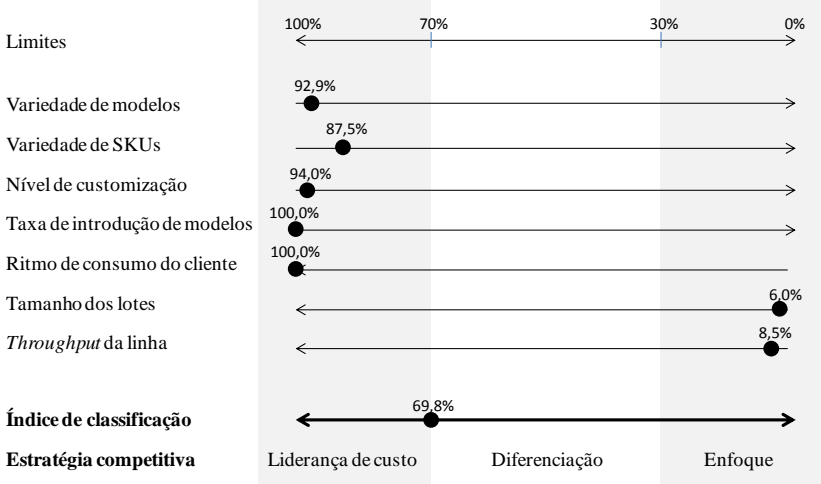
Figura 25 – Gráfico de classificação das linhas de montagem.



Fonte: desenvolvido pelo autor

A Figura 26 ilustra os resultados obtidos para a linha C2. Os índices de variedade de modelos, variedade de SKUs, nível de customização, taxa de introdução de modelos, e ritmo de consumo do cliente, apresentam características da estratégia de Liderança de custo. No entanto no que se refere ao tamanho dos lotes e *throughput* a linha C2 apresentou índices reduzidos, o que não permite que a linha compita em custos, sendo então classificada na estratégia de Diferenciação.

Figura 26 – Resultados para a linha C2.



Fonte: desenvolvido pelo autor

A linha A3 foi a única classificada na estratégia de Enfoque, com 9,4% de índice de estratégia. De fato, esta linha tem uma política de atendimento *engineering-to-order* e customiza os produtos desde o desenvolvimento, o que caracteriza uma linha com estratégia totalmente voltada para o cliente. Já na estratégia de Diferenciação, dez foram as linhas de montagem assim classificadas. As linhas C1 e B9, com 43,9% e 55,5% respectivamente, apresentaram os menores índices dentro desta estratégia. Isto pode ser explicado pelo fato de que elas, apesar de montar produtos diferenciados, produzem grande variedade de produtos, o que exige maior flexibilidade destas linhas. As demais linhas (A2, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, C1 e C2) apresentam índices próximos a 70%, o que caracteriza linhas voltadas para produtos diferenciados, porém tendendo para uma maior padronização dos produtos e ritmos mais acelerados de montagem. As linhas enquadradas nesta estratégia tem predominantemente o varejista como cliente.

Por fim, as últimas dez linhas foram classificadas dentro da estratégia de Liderança de custo, com produtos mais padronizados e produção em maior escala. Com destaque para a linha A1, que obteve o maior índice entre as linhas estudadas (93,3%), caracterizando uma referência importante para as análises que seguirão. As demais linhas (C3, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, e D9) também foram classificadas dentro desta estratégia, porém com valores menores e tendendo para a estratégia de Diferenciação. As linhas enquadradas na estratégia de liderança de custos são predominantemente fornecedoras, tendo como cliente as empresas focais.

Assim, o Quadro 17 resume a classificação das linhas de montagem, objetos de análise desta pesquisa. Os dados coletados destas linhas servem de base para as discussões e análises apresentadas nos tópicos seguintes, sendo que cada estratégia competitiva tem como referência as linhas classificadas conforme apresentado neste tópico.

Quadro 17 – Classificação das linhas de montagem.

Estratégia	Linhas de Montagem
Enfoque	A3
Diferenciação	A2, C1, C2, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9
Liderança de custo	A1, C3, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9

Fonte: desenvolvido pelo autor

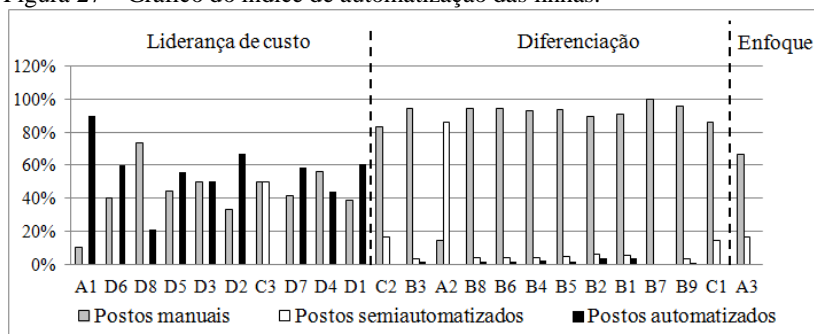
6.2 TECNOLOGIA

A área de decisão “tecnologia” faz parte das áreas de decisão estruturais da estratégia de produção, que se caracterizam por ser aspectos de longo prazo e difíceis de serem alterados, ou que exigem grandes investimentos. Conforme definido anteriormente no Quadro 5, segundo Hayes, Wheelwright e Clark (1988) a área de Tecnologia pode ser definida por decisões relacionadas aos tipos de equipamentos e sistemas a serem utilizados em cada unidade, grau de automação do processo, forma de ligação entre as plantas, e etc.

Neste sentido buscou-se neste trabalho investigar dentro das estratégias competitivas questões relacionadas ao nível de automatização das linhas, sistemas de identificação de partes e produtos, controle do ritmo das linhas, e transporte das unidades de produto na montagem. Para isto levou-se em consideração os dados qualitativos coletados através dos questionários de pesquisa, e também os dados quantitativos referentes ao desempenho, ou características mensuráveis das linhas.

A primeira discussão diz respeito ao nível de automatização das linhas, aspecto de muita importância devido à necessidade de investimentos envolvidos, principalmente para aquelas que requerem elevado grau de automatização. No intuito de prosseguir uma análise objetiva neste aspecto, foram levantados os números de postos automatizados, semiautomatizados, e manuais das linhas estudadas e comparando-os com o total de postos da linha, a fim de calcular uma porcentagem para cada tipo de posto citado. Os resultados desta análise podem ser observados no gráfico apresentado na Figura 27.

Figura 27 – Gráfico do índice de automatização das linhas.



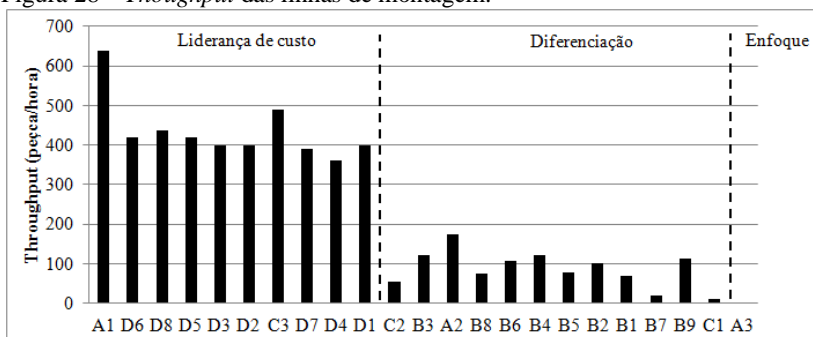
Fonte: desenvolvido pelo autor

Como se pode observar através do gráfico, a porcentagem de postos automatizados aumenta na estratégia de Liderança de custo e reduz na medida em que se migra para a estratégia de Diferenciação e Enfoque. Assim como a predominância de postos manuais nas estratégias de Diferenciação e Enfoque, o que leva a crer na forte correlação entre estes aspectos. Com isso pode-se concluir que na medida em que se tem a necessidade de aumentar o volume de produção, e por consequência o ritmo de montagem, maior a tendência em se automatizar o processo de montagem, como pode ser percebido através da Figura 28, que mostra o gráfico das taxas de produção horária de cada linha.

Na estratégia de Liderança de custo, todas as linhas apresentam *throughput* acima de 300 peças por hora e adotam postos automatizados, salvo a linha C3, que como relatado no item 1.1.1 do Apêndice F, é uma linha antiga com alguns postos manuais e mais de 20 anos que será substituída por uma linha totalmente automatizada e com o dobro da capacidade. A linha A1 é o principal exemplo, com 90% dos postos automatizados e taxa de produção em 637 peças/hora. Neste tipo de

linha as automatizações do processo se fazem necessárias devido ao elevado ritmo de montagem, que torna a operação manual inviável por questões ergonômicas.

Figura 28 – *Throughput* das linhas de montagem.



Fonte: desenvolvido pelo autor

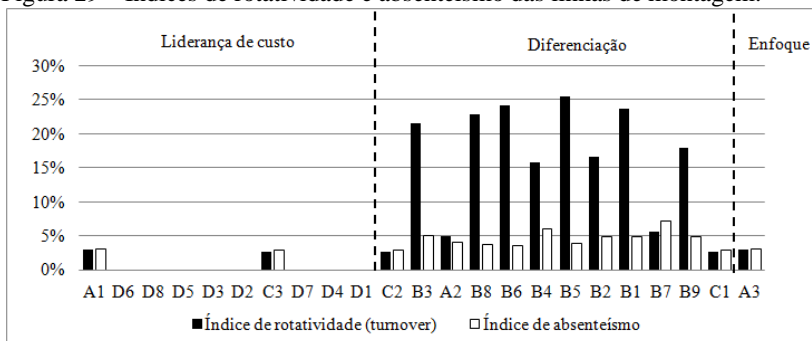
As linhas da Empresa D possuem, além dos postos automatizados, grande parte de operações manuais, executadas totalmente sem o auxílio de máquinas, pelos próprios operadores. Como consequência, estas linhas possuem elevados índices de absenteísmo e rotatividade, pois os operadores necessitam executar as tarefas em ciclos de aproximadamente oito segundos, o que sobrecarrega as pessoas. A Figura 29 traz os índices de rotatividade e absenteísmo, que para a Empresa D não foram disponibilizados, porém, nas entrevistas, a questão da mão de obra foi apontada como aspecto crítico.

Nas linhas da estratégia de Diferenciação, a taxa de montagem para as linhas estudadas ficou abaixo de 200 peças/hora. Sendo que a linha com maior ritmo é a linha A2 que trabalha a uma taxa de 175 peças/hora, e as linhas da Empresa B trabalham em torno de 100 peças/hora, exceto pela linha B7 que produz 20 peças/hora. Para as linhas em torno de 100 peças/hora da Empresa B adota-se postos manuais para a montagem, o que pode não ser uma solução adequada, principalmente analisando do ponto de vista da retenção de pessoas como observado na Figura 29, que representa os índices de rotatividade e absenteísmo da mão de obra.

Como pode ser observado, as linhas citadas apresentam elevados índices de absenteísmo e *turnover*, em torno de 5% e 22%, respectivamente. Isto ocorre por que o ritmo de trabalho é demasiadamente elevado para que uma pessoa consiga executar suas

funções durante muito tempo, ocasionando assim problemas ergonômicos e desistências. A predominância de postos manuais é explicada pela grande variedade de produtos montados nestas linhas de modelos mistos, o que limita as automatizações, argumento apresentado pelo entrevistado, e registrado no Apêndice E, item 1.1.1.

Figura 29 – Índices de rotatividade e absenteísmo das linhas de montagem.



Fonte: desenvolvido pelo autor

A solução recomendada para este tipo de linha, que trabalha acima de 100 peças/hora é a utilização de postos semiautomatizados, onde o operador abastece as máquinas, e estas executam as operações. Como no caso da linha A2, que tem uma taxa horária de 175 peças/hora e 86% dos postos semiautomatizados. Como consequência a linha apresenta índices de 4% e 5% de absenteísmo e rotatividade, respectivamente, Números que se mostram mais adequados que os demais já discutidos.

As linhas com taxas de produção em torno de 100 peças/hora ou inferiores têm características propícias para a adoção de postos manuais, devido ao ritmo mais lento exigido, o que viabiliza a operação por parte de pessoas. Este ritmo de linha é normalmente observado em linhas da estratégia de Diferenciação com alta variedade e também linhas de Enfoque, com características de customização. Como pode ser observado na Figura 28, as linhas com taxas de produção menores que 100 peças/hora e que adotam atividades manuais (A3, C1, C2, e B7) apresentaram índices de rotatividade e absenteísmo menores. As análises quanto ao nível de automatização das linhas realizadas neste tópico podem ser resumidas no Quadro 18, que traz as soluções sugeridas para cada tipo de estratégia competitiva.

Outro aspecto relacionado à tecnologia diz respeito às soluções para a identificação de componentes e produtos na etapa de montagem. Neste aspecto, todas as linhas das Empresas B (exceto a B7) e D, e a linha A1 adotam recursos para a identificação e controle dos produtos ao longo da montagem, conforme o item 1.1.2 dos quadros 11, 12, e 15. O motivo em comum que leva essas linhas a adotarem este tipo de solução é a necessidade em se controlar características específicas para a qualidade do produto e garantir sua rastreabilidade ao longo do processo. Desta forma, através de testes específicos durante a montagem é possível identificar os produtos com problemas de qualidade a fim de segregá-los e corrigir o problema, ou descontinua-los, dependendo do tipo de problema verificado.

Quadro 18 – Soluções para automação das linhas de montagem.

Estratégia	Liderança de custo	Diferenciação		Enfoque
<i>Throughput</i> (peças/hora)	Maior que 300	Entre 300 e 100	Menor que 100	Menor que 100
Tipo de postos de trabalho	Automatizados	Semiautomatizados	Manuais	Manuais

Fonte: desenvolvido pelo autor

Como características comuns das linhas que adotam dispositivos de identificação, observa-se linhas com altos e médios ritmos de produção, e a presença de esteiras mecanizadas para o controle da velocidade e transporte dos produtos ao longo da linha. Além disso, os produtos montados nestas linhas têm características de alta complexidade em termos de tecnologia agregada, o que confere elevados níveis de qualidade exigidos. Desta maneira, ao longo da montagem são realizados testes específicos de qualidade, e os resultados são armazenados nestes dispositivos para um melhor controle e rastreabilidade.

As soluções de dispositivos de identificação e armazenamento de dados observadas são módulos fixos alocados em *pallets* metálicos que transportam produtos com pequeno volume, como no caso das linhas A1 e da Empresa D. Nas linhas de refrigeradores da Empresa B utilizam etiquetas com códigos de barra afixados no próprio produto. Etiquetas estas que recebem as informações dos testes ao longo da montagem. Ultimamente, outra tecnologia de identificação utilizada é o RFID, que segundo Wang, J. H. *et al.* (2010) é uma tecnologia apropriada para automatização de linhas de montagem, para um melhor monitoramento e controle da produção.

As linhas não ritmadas, onde o transporte e etapas são controlados pelos próprios operadores, não foram observados dispositivos de identificação e rastreabilidade. Os próprios operadores realizam os testes de qualidade e tomam as medidas cabíveis caso haja algum problema de qualidade. Assim sendo, quanto à tecnologias para identificação e rastreabilidade dos produtos ao longo da linha de montagem, segundo as análises dos dados coletados, pode-se chegar às conclusões apresentadas no Quadro 19.

Quadro 19 – Soluções para dispositivos de identificação do produto

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação		Enfoque
<i>Throughput</i> (peças/hora)	Maior que 300	Entre 300 e 100	Menor que 100	Menor que 100
Identificação do produto	Módulos de controle, e RFID	Módulos de controle, RFID, ou visual	Visual e sem registro	Visual e sem registro

Fonte: desenvolvido pelo autor

As soluções referentes ao ritmo de montagem, e os meios de movimentação das unidades produzidas também são aspectos estruturais de tecnologia considerados na pesquisa, pois envolvem investimentos em equipamentos e sistemas. No que se refere ao ritmo, as linhas que pertencem as estratégia de Liderança de custo e Diferenciação de alto ritmo apresentaram como soluções linhas ritmadas através de esteiras mecânicas ajustadas ao *takt-time* e tempos de ciclo necessários. Na linha A1, com maior nível de automatização, os sensores se encarregam de direcionar os produtos ao longo da linha.

Nas demais linhas, onde existem operações manuais críticas, existe um sistema denominado de *stop-and-go*, onde o produto é transportado por esteiras mecânicas até chegar ao posto manual, e necessita da liberação do operador após executada a operação de montagem pra prosseguir na linha. Geralmente, nestes postos os tempos de ciclo das operações são maiores que o *takt-time*. Nestes casos, adota-se postos em paralelo, como ilustrado na Figura 21 (2), onde operadores ou máquina executam as mesmas operações e em locais distintos, o que faz com que o tempo da operação seja dividido proporcionalmente pelo número de postos em paralelo para se chegar ao tempo de ciclo desejado.

As linhas ritmadas estudadas requerem altos investimentos em instalação e manutenção. Elas apresentam layout serial e instalações que

permitem pouca flexibilidade à mudança devido ao porte, e exigem grandes áreas para instalação. Por estes motivos conclui-se que as linhas ritmadas são mais adequadas para a estratégia de Liderança de custo, ou Diferenciação com pouca variedade, com grandes volumes de produção a fim de absorver o investimento necessário. Além disso, esta estratégia requer maior padronização dos produtos, o que permite automatizações de operações e não exige tanta flexibilidade da linha.

Como alternativa às linhas ritmadas de alto volume e produtos padronizados, observou-se as linhas não ritmadas, onde o ritmo de produção é determinado pelo próprio operador. Obviamente este tipo de solução somente pode ser implantado em linhas manuais e semiautomatizadas, que, como discutido anteriormente, são indicadas para linhas com taxas de produção menores, conforme ilustra o Quadro 20.

Nos estudos de caso analisados, são exemplos deste tipo de solução as linhas: A2, B7, C1 e C2. As quatro linhas apresentam layout em formato de “U” e os próprios operadores executam as operações e transferem o produto de um posto para o outro, sendo que o ritmo é determinado pelo ciclo dos operadores. No caso da linha A2, que possui postos semiautomatizados, os operadores abastecem as máquinas e transportam o material, sendo que o ciclo de atividades é dimensionado para atender ao ritmo de consumo do cliente. Para estas linhas existe certa flexibilidade, pois na medida em que a demanda varia se pode alterar o número e ciclo dos operadores a fim de dar o ritmo mais adequado para atender à demanda desejada. Com um estrutura mais simples e barata que as linhas ritmadas, as alterações no layout, máquinas e ritmos se tornam mais ágeis o que é desejado para o ambiente da estratégia de Diferenciação, onde a variedade exige certa flexibilidade dos sistemas de montagem.

Nas linhas para customização da estratégia de Enfoque, neste estudo representada pela linha A3, o que se observa é uma linha não ritmada com layout posicional fixo onde o produto é mantido no mesmo posto de trabalho e os operadores se deslocam para a montagem. O produto não é movimentado neste caso pois não existe padronização do produto e seus componentes, e consequentemente dos tempos das operações e montagem, são peças praticamente únicas, o que inviabiliza a determinação de um ritmo pré-definido.

Com relação ao transporte dos produtos ao longo da linhas de montagem, nas linhas ritmadas os produtos são movimentados em cima de *pallets* que acompanham o produto durante todo o processo. Nos casos das linhas de alto volume A1 e linhas da Empresa D, os produtos

ficam sobre *pallets* metálicos onde os módulos de rastreabilidade são afixados. Estes *pallets* acompanham o produto até o final da montagem e depois são levados até o início do processo novamente para transportar novos produtos.

Ainda em relação à linhas ritmadas de alto volume de produção, também se observou a existência de gancheiras, que transportam produtos e componentes por vias aéreas. Nas linhas da Empresa D, as gancheiras transportavam os compressores até a cabine de pintura. Em linhas da Empresa B, as gancheiras são utilizadas para transportar gabinetes dos refrigeradores, que são volumosos e necessitariam de muito espaço físico, caso fossem transportados e estocados em solo. Esse tipo de solução de transporte requer muito investimento e também confere pouca flexibilidade à mudanças das instalações caso sejam necessárias. Por estes motivos deve-se adotar tais soluções para produtos com elevado volume de produção e padronização do projeto, a fim de ter um retorno sobre o investimento viável economicamente.

Nas linhas manuais, o transporte dos produtos leves são feitos pelo próprio operador, que com as mãos transfere o produto de um posto para o outro. Os produtos mais volumosos como secadoras da linha B7 são transportados por meio de carrinhos que acompanham o produto do início ao fim da montagem manual. Já na linha A3, além de volumosas as unidades hidráulicas também são muito pesadas e necessitam ser transportadas por meio de talhas, o que somente pode ser realizado para linhas de pouco volume de produção, como na estratégia de Enfoque. Assim, o Quadro 20 resume as soluções analisadas para as questões de ritmo e transporte dentro da área de tecnologia.

Quadro 20 – Soluções para dispositivos de identificação do produto.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação		Enfoque
<i>Throughput</i> (peças/hora)	Maior que 300	Entre 300 e 100	Menor que 100	Menor que 100
Ritmo	Ritmada	Ritmada, postos <i>stop-and-go</i> , postos em paralelo, ou não ritmada	Não ritmada	Fixo
Transporte	<i>Pallets</i> , gancheiras	<i>Pallets</i> , gancheiras, ou manual	Manual, carrinho	Manual, carrinhos, talha

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.3 INSTALAÇÕES

A área de decisão Instalações faz parte das áreas estruturais da estratégia de produção proposta por Hayes, Wheelwright e Clark (1988). Segundo os autores, esta área leva em consideração o número de plantas e respectivas estratégia de localização, assim como o nível de especialização de cada uma a fim de atender o volume de produção desejado, conforme apresentado no Quadro 5. Neste sentido, o presente tópico apresenta as análises para as estratégias de instalação e especialização das linhas estudadas.

De uma maneira geral, observa-se que todas as empresas estudadas adotaram a estratégia de concentrar suas linhas de montagem em uma única planta no território nacional. As linhas A1 e A2 da Empresa A estão situadas na mesma planta em São Paulo, e produzem componentes para a indústria automobilística. Já a linha de montagem A3, que produz unidades hidráulicas para aplicações na indústria, está instalada em uma planta no estado de Santa Catarina, juntamente com outras linhas com o mesmo tipo de produto e aplicação.

A Empresa B adota sua única planta no Sul do Brasil, com as diversas linhas de montagem para a produção de refrigeradores e secadoras. Além desta unidade, a empresa possui mais duas plantas, uma no estado de São Paulo para a produção de fogões e lavadoras, e outra em Amazonas que produz e monta fornos de micro-ondas, lava-louças e condicionadores de ar. Além disso, possui um centro de distribuição (CD) no Nordeste, para melhor atender a região.

Na única planta da Empresa C no estado de Santa Catarina, está instalada toda a produção e montagem de metais-sanitários, além de um centro de distribuição responsável pela logística de distribuição dos produtos para todo o país. Já a Empresa D utiliza uma no sul do país para a produção e montagem de compressores, além de possuir outras plantas na América, Europa, e Ásia, que abastecem outros mercados.

Através dos exemplos citados é possível concluir que as empresas estudadas adotam como estratégia a implantação de uma única unidade para a montagem do mesmo tipo de produto. Esta centralização faz com que os volumes a serem produzidos sejam maiores, o que favorece conferir ritmo às linhas. Outro ponto favorecido é o de abastecimento de componentes, seja ele interno à empresa ou terceirizado. Com maiores volumes de componentes viabiliza-se a estruturação de processos específicos de fabricação na própria empresa, ou mesmo em fornecedores terceirizados, como será mais bem explorado no item 6.5 referente à integração vertical.

Com relação à localização geográfica das plantas, através do estudo de caso é possível identificar dois grupos de empresas. Um grupo representa empresas focais, que produzem o produto final acabado como na Empresa A – linha A3, e Empresas B e C - todas as linhas. Já o segundo grupo é representado por empresas fornecedoras de primeiro nível, que montam componentes fornecidos para empresas focais. Este segundo grupo está representado pela Empresa A – linhas A1 e A2, e Empresa D – todas as linhas.

No que diz respeito às empresas fornecedoras de primeiro nível, observa-se que estão localizadas geograficamente perto das empresas focais, como é o caso das linhas A1 e A2 onde a maior parte da produção é destinada para montadoras que se localizam em um raio de 150 quilômetros. Já a Empresa D, tem como fornecedor principal a Empresa B, do mesmo grupo que está em um raio de 10 quilômetros.

Em relação às empresas focais, a definição geográfica pode ser definida por diversos fatores. Na Empresa A – linha A3, os principais motivos que levam a instalação no estado de Santa Catarina é a identificação cultural da região com a matriz europeia, e também ao bom relacionamento com sindicatos trabalhistas e com os colaboradores. Para as Empresas B e C, o aspecto histórico influenciou na instalação das plantas, que foram fundadas por famílias da região e posteriormente se desenvolveram, transformando-se em grandes empresas. Outros conhecidos fatores da implantação de empresas montadoras em determinada localização geográfica são: qualificação da mão de obra, incentivos governamentais - como isenção de impostos e oferta de terrenos para a implantação da empresa.

Analisadas a questão do número de plantas e localização geográfica, um último aspecto em relação à área de decisão de instalações diz respeito ao nível de especialização das linhas. Sobre este aspecto, as análises levam em consideração a estratégia competitiva das empresas estudadas, conforme ilustra o Quadro 21.

Nas linhas de montagem classificadas na estratégia de Liderança de custo, foram observados os dois tipos de especialização. As linhas A1 e C3 apresentaram grandes lotes de montagem dos modelos, característica que se aproxima mais das linhas de modelo único. Este tipo de especialização de linha se mostra bastante apropriado para a estratégia de Liderança de custo devido ao grande volume de produção e baixo nível de variações no produto, o que permite um ritmo mais acelerado e a implantação de automatizações. Já as linhas da Empresa D, também da estratégia de Liderança de custo apresentam características de linhas multi-modelos, por adotarem lotes médios de

montagem com média variedade de modelos, característica interessante para linhas de ritmo acelerado, mas com variedade um pouco maior.

Quadro 21 – Estratégia competitiva e nível de especialização da linha.

Estratégia	Modelo único	Multi-modelos	Modelos mistos
Liderança de custo	A1, C3	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	
Diferenciação		A2, B7, C1, C2	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8, B9
Enfoque			A3

Fonte: desenvolvido pelo autor

Para as linhas da Empresa D, classificadas na estratégia de Diferenciação, estão implantadas como linhas de modelos mistos, onde os produtos seguem em sequência alternada de montagem, o que exige grande flexibilidade da linha e da mão de obra, além de limitar o uso de automações. O ritmo elevado aliado à variedade prejudica o balanceamento da linha, com tempos das operações muito diferentes entre um modelo e outro, o que gera baixa eficiência. Além de exigir muito da mão de obra, o que impacta nos índices de rotatividade e absenteísmo discutidos anteriormente e apresentados na Figura 29.

Através destas análises dos casos estudados, sugere-se as linhas multi-modelos como nível de especialização mais adequado para a estratégia de diferenciação, onde os modelos são produzidos em lotes médios e com *setups* entre eles. Este tipo de linha permite a implantação de postos semiautomatizados, mais adequados pra linhas desta estratégia competitiva, como apresentado no item anterior.

Por fim, conclui-se que a solução de linha mais adequada para a estratégia de Enfoque é a de modelos mistos, onde os diferentes modelos são montados em sequência, o que é necessário em virtude da elevada variedade e customização dos produtos, e limita o uso de automatizações e trabalho manual em ritmos elevados. A linha A3 é um bom exemplo deste tipo de solução.

Discutidos e analisados os aspectos de instalações, o Quadro 22 resume as propostas de soluções apresentadas neste item.

Quadro 22 – Propostas de soluções para a área de Instalações.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
Número de plantas	Única planta o mesmo tipo de produto		
Localização geográfica	Fornecedores: Próximos às empresas focais Empresas focais: aspectos culturais, trabalhistas, incentivos governamentais		
Nível de especialização	Modelo único	Multimodelos	Modelos mistos

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.4 CAPACIDADE

A área de decisão “Capacidade” faz parte das áreas estruturais, e tem por finalidade a definição das capacidades totais a serem obtidas, segundo Hayes, Wheelwright e Clark(1988). Estas definições são importantes para o dimensionamento e planejamento do sistema produtivo, a fim de se atender à demanda estimada. Por esse motivo, neste tópico são discutidas as definições das capacidades das linhas de montagem, bem como suas estratégias de utilização.

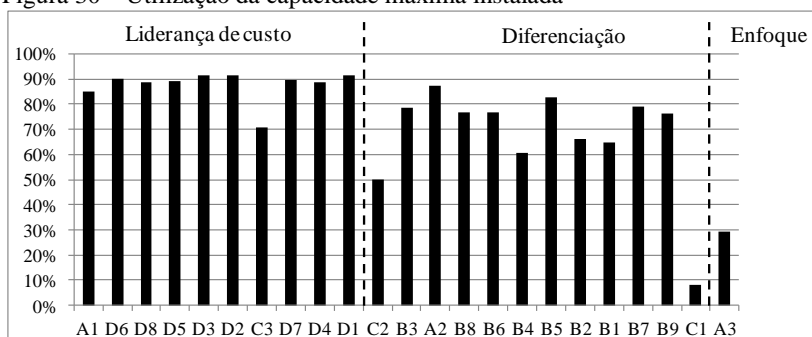
Uma primeira constatação é que a capacidade está diretamente ligada à estratégia competitiva para a linha de montagem. Assim, para a estratégia de liderança de custo a capacidade da linha deve ser suficiente para produzir grandes volumes a um baixo custo. Já na estratégia de Enfoque, com produtos mais customizados e variados, e demandas reduzidas a capacidade diminui drasticamente, como pode ser observado na Figura 28 através do gráfico de *throughput*, apresentado anteriormente.

Além da capacidade instalada, outra análise realizada diz respeito ao aproveitamento desta capacidade, através do percentual de utilização da linha, apresentado na Figura 30. O gráfico demonstra o percentual de utilização real da linha em relação à respectiva capacidade máxima, considerando sua operação no número máximo de turnos possível. O gráfico sugere que o percentual de utilização da capacidade aumenta para a estratégia de Liderança de custo, e diminui para as estratégias de Diferenciação e Enfoque.

Para a estratégia de Liderança de custo, que é baseada na produção de grandes volumes de produtos com baixa margem de lucro, as linhas apresentam maiores níveis de automatização, o que requer maiores investimentos de suas instalações e como consequência maiores índices de utilização a fim de diluir este investimento. Nas linhas

analisadas desta estratégia competitiva, a grande maioria opera em três turnos completos nos dias de semana, com horas extras e meio dia aos sábados, o que resulta em índices de utilização na ordem de 85 a 90%. Com exceção da linha C3, que opera com atividades manuais e será substituída por uma linha totalmente automatizada. A linha B3 também apresenta índice de utilização inferior, na ordem de 76%, o que pode ser explicado pela elevada variedade de produtos, que não permite a linha aproveitar ao máximo de sua capacidade instalada, conforme discutido no item 6.3 – Instalações.

Figura 30 – Utilização da capacidade máxima instalada



Fonte: desenvolvido pelo autor

Nas linhas da estratégia de Diferenciação, observam-se índices de utilização menores quando comparados à estratégia de Liderança de custo. Nas linhas de refrigeradores da Empresa B, houve altos investimentos em instalações com linhas ritmadas, automatizações, e máquinas de injeção no início do processo, o que exige que a linha opere ao máximo de sua capacidade a fim de diluir os custos inerentes a estes investimentos. Porém, o elevado *mix* de produtos com diferentes tempos de operação prejudica o balanceamento, comprometendo também o aproveitamento da capacidade. Na linha B7, que monta secadoras – produto com menores demandas, os postos são manuais e o investimento nas instalações bastante reduzido. Isto permite que a linha funcione apenas em um turno de trabalho, o que viabiliza economicamente sua operação.

Ainda na estratégia de Diferenciação, as linhas C1 e C2 também apresentam baixos índices de utilização, 8,3% e 50% respectivamente. Estas linhas foram implantadas recentemente, já considerando o atendimento a um crescimento de demanda projetada para o ano de

2015, e por isso operam com número reduzido de operadores e turnos de trabalho. Porém, como se tratam de linhas manuais, sem grandes investimentos em instalações, esta estratégia se torna economicamente viável, com uma expectativa de retorno sobre os investimentos no prazo de um ano.

Dentre as linhas da estratégia de Diferenciação, a que apresentou melhor índice de utilização foi a linha A2, com 87,4%. Esta marca foi possível pois a empresa adota um sistema flexível de montagem, composto por um conjunto de linhas semiautomatizadas, ao invés de uma única linha automatizada que concentra toda a produção. Com isto se mantém a linha balanceada com o mesmo ritmo de produção em três turnos, o que aumenta a produtividade e o aproveitamento da capacidade. Neste caso, as flutuações da demanda são absorvidas por outras linhas com turnos flexíveis de trabalhos, o que é economicamente viável pelo relativo baixo investimento em instalações. Esta alternativa demonstra ser mais adequada para as características impostas pela estratégia competitiva de Diferenciação.

Por fim, na estratégia de Enfoque representada pela linha A3, que apresentou 29,33% de índice de utilização, a empresa instalou quatro linhas de baixo investimento, com postos manuais e layout posicional fixo. Assim, as linhas operam em apenas um turno, o que é viabilizado pelo baixo investimento e justificado pelo baixo volume de demanda.

Após as análises dos índices de utilização nas três estratégias competitivas, o Quadro 23 resume as análises e conclusões neste tópico apresentadas.

Quadro 23 – Propostas de solução para a área de Capacidade.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
Throughput	>300 peças/hora	> 100 peças/hora	< 100 peças/hora
Utilização	3 turnos Horas extras para absorver aumentos de demanda	2 a 3 turnos Linhas flexíveis para absorver variações na demanda	1 turno Diversas linhas que funcionam segundo a variação da demanda

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.5 INTEGRAÇÃO VERTICAL

A área Integração Vertical é a última dentro das áreas de decisão estruturais. E, segundo Hayes, Wheelwright e Clark(1988), corresponde à escolha de materiais, sistemas e serviços a serem providos

internamente e àqueles que devem ser fornecidos por terceiros. Além da escolha de quem irá fornecer os componentes, outra decisão diz respeito ao tipo de relacionamento com os fornecedores.

Para proceder uma análise completa desta área de decisão, buscou-se coletar dados qualitativos e quantitativos sobre a aquisição dos componentes. Os dados qualitativos foram obtidos através das respostas ao item 1.4 dos questionários aplicados. Já os dados quantitativos dizem respeito à proporção de itens terceirizados ou produzidos internamente, Figura 31, e ao giro dos estoques de componentes, apresentado na Figura 32.

Através dos questionários observa-se como padrão geral para todas as empresas pesquisadas a tendência em se produzir internamente os principais componentes do produto acabado. Entende-se como principais componentes aqueles que têm valor representativo no custo, qualidade e desempenho do produto. Todas as empresas responderam que produzem componentes que representam o *core competence* da empresa, ou seja, aquilo que fazem bem. Ainda a Empresa A mencionou também o termo *key competence*, que representa os itens fundamentais para o diferencial da empresa frente aos concorrentes.

Como características gerais dos itens produzidos internamente observa-se que os componentes de metal são principais itens. Portanto, dentro das etapas de fabricação observa-se os processos de usinagem, torneamento, e tratamento químico, sendo que as Empresas C e D possuem inclusive o processo de fundição, pois seus produtos - metais sanitários e compressores, respectivamente - são constituídos essencialmente de componentes de metal.

Já como itens fornecidos de terceiros se destacam componentes de menor representatividade no custo do produto como materiais plásticos e de borracha, embalagens, manuais, além de componentes padronizados e vendidos comercialmente como, por exemplo, porcas e parafusos. No que se refere ao relacionamento entre a integração vertical e a estratégia competitiva, pode ser observado através da Figura 31, que as linhas classificadas dentro da estratégia de Liderança de custo apresentam características de maior verticalização. A linha A1, apesar de terceirizar 100% dos componentes, compra estes itens de fornecedores estrangeiros, que são empresas do grupo e que produzem os mesmos componentes para as outras 12 unidades em outros países. A ideia por traz desta estratégia, vale para as demais linhas dentro da Liderança de custos, que produzir componentes padronizados em grande volume, para obter redução de custo ao se produzir em grande escala. Assim, pode-se deduzir que linhas que competem em custos, necessitam

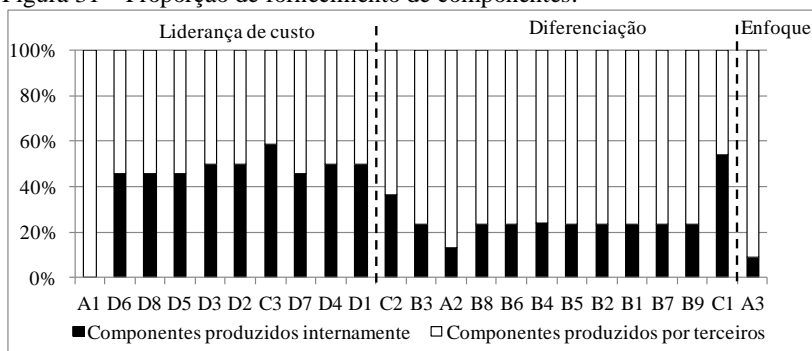
reduzir os custos de seus componentes e por isso verticalizam a fim de produzir volume e obter ganhos em escala.

As linhas C1 e C2, classificadas dentro da estratégia de Diferenciação apresentam grande parte de seus componentes produzidos internamente. Isto se deve às características dos metais sanitários, que são constituídos essencialmente de componentes de metal, e por isso produzidos internamente. Porém, quando se analisa o giro dos estoques de componentes destas linhas na Figura 32, observa-se que a linha C2 apresenta o maior giro, com 4,54 vezes no mês. Já a linha C1, que monta maior variedade de produtos, apresenta giro de 0,10 vezes no mês. Esta diferença é obtida pois os lotes econômicos de fabricação de componentes na usinagem são mais ajustados aos lotes de montagem da linha C1, e portanto têm uma produção mais sincronizada com o consumo. Os componentes da linha C2 têm lotes econômicos de fundição e usinagem maiores que a demanda e os lotes de montagem, e por isso apresentam como resultado um baixo giro de componentes.

Conclui-se portanto que quanto maior a Diferenciação dos produtos, e por consequência a variedade dos componentes, maior é a tendência em utilizar terceirizações, pois os volumes de produção e a complexidade comprometem o gerenciamento dos processos de fabricação, o que induz as empresas a produzir internamente somente aquilo que é *core/key competence* e terceirizar os demais componentes. Um claro exemplo desta conclusão é observado na prática de “*colocation*” da Empresa B. Esta cede espaço físico e os moldes das máquinas de injeção para seus fornecedores dentro da própria planta, a fim de que estes forneçam componentes de plástico. Assim, a empresa mantém as vantagens da verticalização como a rápida comunicação e agilidade no fornecimento de peças, sem, no entanto, ter que se preocupar com a gestão de pessoas e recursos, manutenção, compra de matéria-prima, e etc.

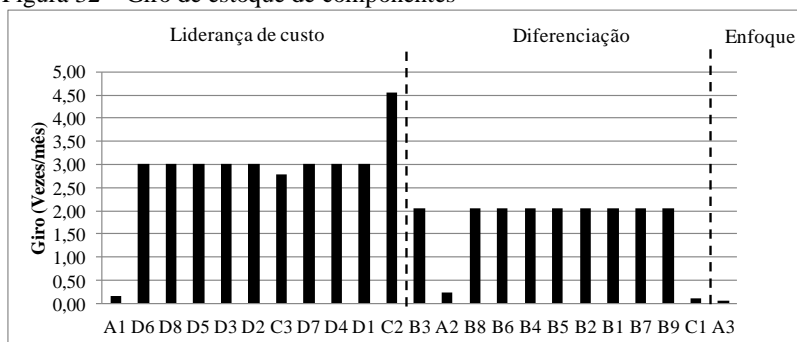
Para a estratégia de Enfoque, representada pela linha A3, observa-se predominantemente a terceirização de componentes. Isto pode ser explicado devido ao baixo volume de montagem, que obriga a empresa a comprar os componentes de terceiros, e em contrapartida apresentam elevados estoques, observado pelo baixo giro da Figura 32. Apesar de comprar grande parte de seus componentes, a empresa fabrica os principais componentes do produto, como: válvulas, blocos e bombas, que passam por pré-montagens e representam mais de 80% do custo do produto.

Figura 31 – Proporção de fornecimento de componentes.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Figura 32 – Giro de estoque de componentes



Fonte: desenvolvido pelo autor

Outro ponto analisado dentro de integração vertical considera o relacionamento entre as empresas e os fornecedores. Neste sentido foram analisados as formas de abastecimento utilizadas e também o tipo de parceria no desenvolvimento de produtos e contratação. No que diz respeito ao abastecimento todas as empresas afirmaram adotar o sistema *kanban* como prática para os itens padronizados e de maior giro. Este sistema se aplica a fornecedores mais próximos, que utilizam a regra “caixa-cheia-caixa-vazia” onde o contenedor que teve as peças consumidas são levados e substituídos por contenedores cheios. No caso da empresa D ainda é estabelecida uma rota de entrega do tipo Milk-run, com quatro janelas diárias de entrega, assim os fornecedores tem uma sequencia e horários específico para as entregas, que são dimensionadas para atender ao consumo, mas também ter um bom giro dos estoques, o que pode ser comprovado através da Figura 32, onde as linhas da

empresa apresentam nos componentes um giro de 3 vezes por mês, uma excelente performance.

O sistema *Kanban* é adotado com muita eficiência para a Empresa C, de metais sanitários, em especial para a linha C2, onde os fornecedores fazem as entregas em contenedores dimensionados para serem alocados nos bordos da linha, o que elimina o processo de separação dos componentes (*re-packing*) e agiliza o abastecimento, reduzindo também a necessidade de material em estoque.

Além do *Kanban*, algumas empresas permitem que o fornecedor abasteça diretamente no bordo de linha, como no caso da Empresa B, onde os fornecedores alocados dentro da empresa (*colocation*) administram o material na linha. Já na linha A3, para os componentes padronizados e de baixo custo, existe um sistema denominado de “*ship-to-line*” onde o próprio fornecedor repõe o material no bordo de linha, e emite a nota fiscal após o abastecimento, considerando as quantidade repostas.

Para os componentes de maior valor, ou de fornecedores mais distantes as empresas têm utilizado seus sistemas de MRP para controlar as quantidades e emitir os pedidos. A Empresa B utiliza seu sistema para controlar os itens eletrônicos e de maior valor. Já a Empresa A tem como parâmetro o custo do componente importado para determinar o nível de estoques, sendo que para os itens A o nível de estoque é de 1 semana, nos itens B de 15 dias, e nos itens C são 30 dias de estoque. Como resultado desta política a Empresa A mantém elevados níveis de estoque, e apresenta os menores giros de estoque dentre as empresas pesquisadas, com os valores de 0,17, 0,25, e 0,06 vezes por mês para as linhas A1, A2, e A3, respectivamente.

O último ponto de discussão dentro área de decisão de Integração Vertical aborda o tema de relacionamento com os fornecedores. Neste sentido, como resultado geral observa-se que as empresas ainda preferem comprar os componentes representativos de mais de um fornecedor que concorrem entre si. As Empresas B e D têm utilizado esta prática para ter poder de barganha com os fornecedores nacionais, estimulando a competição em preço, qualidade e entrega entre estes. Uma estratégia diferente é seguida pela Empresa A, que utiliza fornecedores globais para a produção de componentes em larga escala e abastecimento de todas as plantas no mundo, com isso, estes fornecedores ganham em escala produzindo com baixo custo, porém a distância encarece o frete e faz com que a empresa mantenha elevados níveis de estoque, como discutido anteriormente.

Ainda sobre o relacionamento com os fornecedores, todas as empresas demonstraram preocupação em expandir os limites das melhorias de processo para os fornecedores, inclusive com programas formais de melhoria, designando os próprios colaboradores para este fim. Estes programas de melhoria têm atingido resultados significativos, reduzindo custos e melhorando a qualidade e entrega dos itens fornecidos, com ganhos também para os fornecedores que fazem melhores usos de suas capacidades e são beneficiados também. Além disso, todas as quatro empresas trabalham com certificação dos fornecedores e fazem auditorias por amostragem nos lotes recebidos a fim de garantir a qualidade. Com base em análises expostas neste item o Quadro 24 reúne as soluções sugeridas dentro da área de decisão de Integração vertical.

Quadro 24 – Propostas de soluções para a área de Integração vertical.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
Nível de verticalização	Alta verticalização	Média verticalização	Média a pouca verticalização
Relacionamento com fornecedores	Programas de melhoria do processo dos fornecedores		
	Certificação dos fornecedores		
	Auditorias nos itens fornecidos		

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.6 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

A área de Planejamento e Controle da Produção é a primeira dentro das áreas de decisão infraestruturais, que remetem a aspectos mais operacionais do sistema produtivo, com impacto tanto no curto e médio, como no longo prazo. Segundo Hayes, Wheelwright e Clark (1988) esta área diz respeito aos sistemas de planejamento da produção e controle de estoque, políticas de fornecimento e regras de decisão. Por esse motivo, as investigações se deram a fim de explorar a política de atendimento dos pedidos (MTS, ATO, MTO, ETO), balanceamento e sequenciamento de linha, tipo de programação, *work-in-process*, e características da demanda, referentes ao item 2.1 dos questionários aplicados, o Quadro 25 sintetiza os dados coletados. Como resultados das práticas adotadas nesta área de decisão foram analisados o nível de atendimento, Figura 33, e o giro de estoques relacionados às linhas, Figura 34.

Quadro 25 – Política de atendimento das linhas

Linha(s)	Política de atendimento	Balanceamento de linha	Sequenciamento da produção
A1	MTS - <i>kanban</i>	Qualitativo – formação fixa – <i>takt-time</i>	Qualitativo – Nivelar a produção
A2	MTS - <i>kanban</i>	Qualitativo – <i>takt-time</i>	Qualitativo – Otimizar <i>setup</i> / Nivelar produção
A3	ETO	Qualitativo	Fila de pedidos
Empresa B	MTS→85% ATO→10% MTO→5%	Qualitativo – pior mix	Qualitativo
C1 e C2	MTS - <i>kanban</i>	Qualitativo – <i>takt-time</i>	Software – abastecer supermercado e nivelar a produção
C3	MTS - <i>kanban</i>	Formação fixa – varia horas trabalhadas	Software – abastecer supermercado e nivelar a produção
Empresa D	ATO→95% MTS→5%	Formação fixa – <i>takt-time</i>	Software agrupa modelos por similaridade

Fonte: desenvolvido pelo autor

Uma decisão muito importante nesta área se refere a política de atendimento e onde estará o ponto de desacoplamento no sistema de produção. Esta definição impacta diretamente na definição da localização e níveis de estoques (matéria prima, componentes e produto acabado), níveis de atendimento, e como a empresa se organizará para atender aos pedidos dos clientes.

Como pode ser observado no Quadro 25, salvo as linhas da Empresa D e A3, a maior parte das linhas estudadas adota a política de *make-to-stock*, ou seja, produzem contra um estoque de produtos acabados. Isto pode ser explicado porque os produtos montados nestas linhas apresentam certa padronização e apresentam demandas que justificam a manutenção de estoques de produtos acabados. Assim, esta política se apresenta mais adequada para as estratégias competitivas de Liderança de custo e Diferenciação.

A Empresa D, que tem todas as linhas classificadas na estratégia de Liderança de custo, contradiz esta constatação e adota a regra *assemble-to-order* como política de atendimento. Isto significa que a empresa programa a montagem para atender aos pedidos firmes dos clientes. Segundo os dados coletados nas entrevistas, esta política é justificada à tentativa de se reduzir os estoques de produtos acabados, pois, em teoria, ao se montar para atender ao cliente se teria menos

estoques e o nível de atendimento seria melhor. Além disto, com a carteira de pedidos acima da capacidade de fábrica, a empresa busca programar as linhas com base nos pedidos firmes, o que, teoricamente, traria melhores resultados.

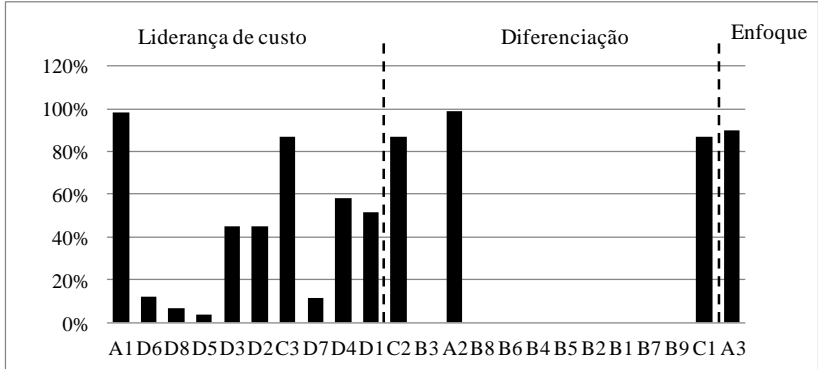
Na prática, ao se analisar os indicadores, Figuras 33 e 34, observa-se que a política de ATO não traz os resultados desejados para a Empresa D. Quando analisado o índice de atendimento para estas linhas tem-se uma média de 29,27%, sendo que a linha D8 apresenta somente 7% neste índice, o que é considerado uma baixa assertividade, se comparado com as outras linhas da estratégia de Liderança de custo.

Já quando se analisa os estoques de produtos acabados tem-se como média geral informada um giro médio de 3,38 vezes por mês, para todas as linhas da Empresa D. Quando se compara este indicador com a linha A1 - que também é um fornecedor, observa-se um giro de 13,78 vezes por mês, o que é quatro vezes maior que o índice apresentado pelas linhas da Empresa D. Como análise, pode-se atribuir o relativo baixo desempenho de entrega e giro de estoques da Empresa D à tentativa de produzir para atender aos pedidos exatos dos clientes, dentro da política ATO. Assim, ao se programar as linhas se leva em consideração a similaridade dos produtos para reduzir *setups* e não as datas de entrega, o que faz com que atrasos ocorram, ou sejam produzidos itens que não tem prioridade no momento, o que impacta no nível de estoques. Além disso, a não existência de um estoque planejado e regulador entre o cliente e a linha de montagem, faz com que as variações da demanda passem direto para a linha de montagem, o que gera frequentes alterações nas prioridades e programação, e impacta também no atendimento e nível de inventários.

Para a linha C3 na liderança de custo, bem como as demais linhas da Empresa C, houve um desempenho satisfatório no que se refere ao atendimento ao cliente, com 87,05% de índice. Porém, em relação ao giro de estoque apresentou os piores resultados. Este quadro pode ser explicado por que a empresa está na ponta da cadeia, sendo a empresa focal, e necessita manter maiores níveis de estoque para absorver as oscilações diretas do mercado. Além disso, a empresa concentra até 40% das vendas nos dois últimos dias do mês, o que obriga a empresa a trabalhar com a meta de um mês de estoque para conseguir atender aos pedidos. Como os metais sanitários tem relativo baixo custo e elevada margem de lucro, a empresa consegue manter esta estratégia, no entanto tem direcionado suas ações para nivelar as vendas ao longo do mês, e assim viabilizar supermercados menores e com maior giro. A exemplo

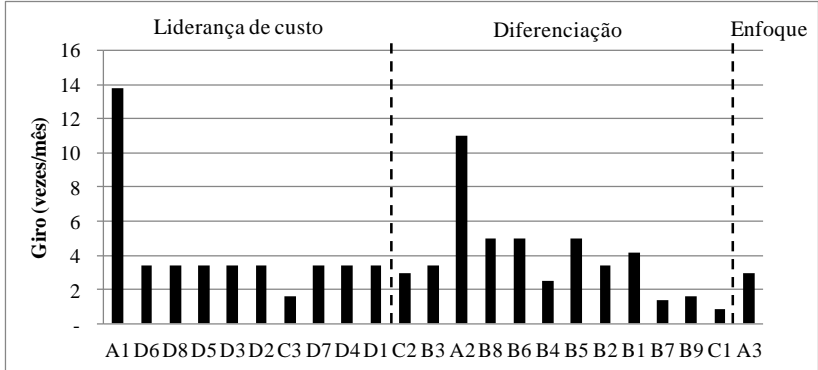
da linha A1, que tem entregas bem niveladas e apresenta elevado índice de atendimento (98%) e giro de estoques (13,78 vezes por mês).

Figura 33 – Nível de atendimento das linhas.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Figura 34 – Giro de estoque acabado.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Conclui-se, portanto, que a melhor política de atendimento para a estratégia de Liderança de custo seja a de *make-to-stock*, associada ao sistema puxado via *kanban*. Assim, cria-se um estoque planejado - ou supermercado, que é dimensionado para atender totalmente à demanda e também girar o máximo possível. Como resultado tem-se melhores índices de atendimento ao cliente e níveis de estoque médio menores. Além disso, os supermercados amortecem oscilações de demanda do cliente, estabilizando também a programação da linha, que adota lotes econômicos para a reposição dos supermercados, o que melhora sua

eficiência e aproveitamento dos recursos. As mesmas conclusões são válidas para a estratégia de Diferenciação com baixa variedade, como observado nas linhas desta estratégia competitiva.

A política de atendimento ATO é indicada para produtos com mais variações e demandas menores, como observado em 10% dos produtos da Empresa B, que são direcionados para o mercado de exportação. Estes produtos utilizam a maior parte dos componentes padronizados dos demais produtos, e por isso podem ser programados na linha de montagem com os itens MTS, contra pedidos firmes do cliente. E, como são específicos e tem pouca demanda não é economicamente viável manter estoques de produtos acabados.

As estratégias MTO e ETO são indicadas para os produtos fora do padrão ou customizados. A Empresa B adota a política de atendimento *make-to-order* para 5% de seus produtos, que tem aplicações bastante específicas, e portanto são fabricados desde seus componentes e então montados nas linhas, a partir de pedidos firmes do cliente. Assim, esta política é sugerida para as estratégias de Diferenciação com muita variedade e pequenos volumes, e também na estratégia competitiva de Enfoque. A política de atendimento *engineering-to-order* é indicada somente para a estratégia de Enfoque, quando o produto é desenvolvido e produzido inteiramente para atender a necessidades específicas de cada cliente, como é o caso da linha A3.

Outro aspecto considerado dentro da área de decisão de PCP diz respeito ao balanceamento e sequenciamento das linhas, cujas soluções observadas neste estudo de caso foram apresentadas no Quadro 29. Neste quesito, confirmando as conclusões obtidas através da revisão da literatura acadêmica sobre linhas de montagem, não foi observada a aplicação das técnicas de modelagem e simulação para o balanceamento a nenhuma das linhas estudadas. Com relação ao sequenciamento dos produtos nas linhas, algumas empresas disseram adotar seus sistemas corporativos para fazê-lo, e por trás destes sistemas existem modelos para fazer a programação de montagem.

Nas linhas da estratégia de Liderança de custo, como existe grande padronização dos produtos e pouca variação dos tempos de ciclo das operações, as empresas mantêm o mesmo ritmo de trabalho e número de pessoas constante. Este balanceamento é feito de forma qualitativa pelas equipes de engenharia de processo, buscando maior igualdade nos tempos de ciclos dos postos de trabalho. Caso hajam alterações significativas na demanda, as empresas preferem trabalhar com o mesmo ritmo e aumentar ou diminuir o tempo de trabalho, com mais ou menos turnos.

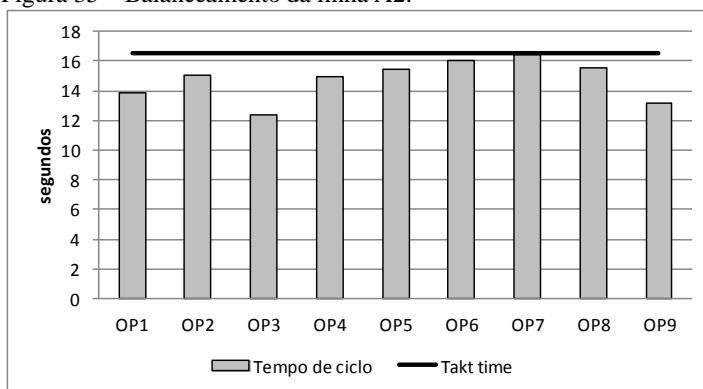
Para o balanceamento das linhas da estratégia de Diferenciação também não foi observada a implantação de técnicas de modelagem e simulação. Em todas as linhas constatou-se o balanceamento qualitativo feito pela engenharia de processos com base no ritmo de consumo da demanda, ou *takt-time*. De uma maneira geral, a partir do *takt-time* estabelecido mensalmente, os postos de trabalhos são arranjados para apresentar tempos de ciclo que atendam ao ritmo da demanda, e também sejam aproximados entre si, como ilustra o exemplo da Figura 35 da linha A2.

No exemplo citado e para as linhas B7, C2 e C1, são estabelecidos patamares de demanda e respectivas rotinas de operação para cada patamar, trabalhando-se com mais ou menos operadores para atender ao ritmo pré definido. Assim, se tem um balanceamento mais eficiente, fazendo o melhor uso da mão de obra, pois estas linhas dependem totalmente dos operadores para movimentação do produto dentro da linha e operações.

As demais linhas da Empresa B, têm maior complexidade no balanceamento, pois como detalhado anteriormente, são linhas de modelos mistos, o que assume diferentes tempos de operações entre os modelos ao mesmo tempo na linha. Para lidar com esta adversidade, a engenharia de processo faz o balanceamento da linha considerando o pior *mix* de produtos que pode ir para a linha de montagem. Este *mix* é determinado a partir das quantidades necessárias estabelecidas pelo departamento de vendas e PCP. Esta prática pode atender às necessidades de balanceamento da linha, porém está superestimando a complexidade da linha, o que faz com que os recursos não sejam aproveitados da melhor forma. Além disto, o balanceamento entre produtos com tempos muito diferentes de operação entre si vai ser sempre deficitário pois se torna impossível igualar as cargas de trabalho em cada posto de trabalho. Por isso, conforme já discutido no item 6.2. A melhor alternativa para linhas de Diferenciação com elevado volume são linhas multimodelos, com produção em lotes, o que torna possível um balanceamento mais assertivo e baseado no *takt-time*, como nas demais linhas desta estratégia.

Por fim, na linha que representa a estratégia de Enfoque não é feito nenhum tipo de balanceamento, pois não existe um fluxo de produtos em sequência. Cada produto é montado inteiramente em postos fixos. A única decisão em termos de balanceamento diz respeito a quantas linhas devem ser utilizadas, já que existem quatro. Assim, na demanda máxima utiliza-se as quatro linhas, e em caso de redução de demanda utiliza-se menos linhas.

Figura 35 – Balanceamento da linha A2.



Fonte: desenvolvido pelo autor

No que se refere ao sequenciamento da produção nas linhas, algumas empresas adotam algum tipo de *software* para estabelecer a melhor sequência de modelos a ser produzida. Estes *softwares* utilizam heurísticas próprias em que não se sabe que tipo de modelo foi aplicado para se chegar ao resultado apresentado. Na Empresa B utiliza-se o módulo CRP (*Capacity Requirements Planning*) do sistema SAP (*Systems, Applications, and Products in Data Processing*), que agrupa os produtos com componentes semelhantes para reduzir tempos de *setups* nas linhas. Neste caso, as regras de sequenciamento levam em consideração questões do produto, e não de entrega, o que privilegia a eficiência da linha em detrimento ao atendimento do cliente e níveis de estoque. Por isso, para que este sistema fosse eficaz, seria interessante a política de atendimento MTS, com supermercados para atender aos clientes e a montagem para reabastecer os supermercados, segundo uma sequência ótima estabelecida pelo sistema.

Nas linhas da Empresa C, se utiliza o sistema EMS (*Enterprise Management System*) da Totvs, e desenvolveu internamente um módulo para o sequenciamento da programação das linhas. Este sistema busca repor o consumo dos estoques de produtos acabados de uma forma nivelada, ou seja, quebrando as ordens em lotes econômicos dos produtos variados e sequenciando a fim de nivelar também o consumo dos componentes usinados. Como a empresa trabalha com um mês de estoque para absorver a demanda concentrada nos últimos dias do mês, fica confortável a utilização deste tipo de sistema. A mesma lógica de nivelamento é utilizada nas linhas A1 e A2, porém com estoques ajustados. Como resultado as linhas apresentam os melhores índices de

atendimento e giro de estoque, o que justifica a adoção deste tipo de solução.

Por fim, o sequenciamento observado para a linha A3, dentro da estratégia de Enfoque, respeita a sequência dos pedidos firmados. Assim, os pedidos entram em uma fila, que é seguida para o desenvolvimento do produto, fabricação dos componentes e montagem. Portanto não existe nenhuma regra específica para o sequenciamento.

Após a discussão e análises sobre o balanceamento e sequenciamento das linhas de montagem, o Quadro 26 resume as sugestões propostas para estas práticas em cada estratégia competitiva.

Quadro 26 – Propostas de soluções para a área de PCP.

Aspectos	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
Política de Atendimento	MTS com sistema <i>kanban</i>	MTS para maior volume ATO para menor volume	MTO para muita variedade ETO para customização total do produto
Balanceamento	Postos fixos e variação no tempo de trabalho	Balanceamento sujeito ao <i>takt-time</i>	Sem balanceamento
Sequenciamento	Nivelamento da produção	Nivelamento da produção e setup	Fila de pedidos

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.7 ORGANIZAÇÃO

A área de decisão Organização é definida por Hayes, Wheelwright e Clark(1988) como a área que trata da estrutura organizacional, layout, sistemas de controle e remuneração, papel dos grupos de *staff*. Neste sentido, com o foco na linha de montagem, e não na empresa como um todo, as investigações dentro desta área de decisão focam o estudo do layout, manutenção, abastecimento de componentes, padrão de trabalho, e tempos e métodos.

A primeira análise diz respeito ao layout das linhas, cujas soluções encontradas são apresentadas no Quadro 27. Como pode ser observado, para as linhas da estratégia de Liderança de custo (A1, C3, todas da Empresa D) existe a predominância do layout linear seriado, com postos em paralelo nas operações com tempos de ciclo maiores que o *takt-time*, o que divide o tempo da operação pelo número de postos em

paralelo para se chegar ao ritmo desejado. Este tipo de linha apresenta este layout devido à robustez das instalações, máquinas e esteira mecanizada, que inviabiliza quebras no fluxo. Além disso, com tempos de ciclo muito baixos, fica inviável que um operador trabalhe em mais de um posto de trabalho, ficando sempre dedicado a um posto, apesar de ser sugerida elevado nível de automatização para este tipo de linha, como discutido no item 6.2.

Quadro 27 – Soluções de layout das linhas.

Linha (s)	Layout
A1	Linear seriado com postos em paralelo nas operações com tempos de ciclo maiores que o <i>takt-time</i> .
A2	Em formato U com operações semiautomatizadas
A3	Posicional fixo, com operações manuais e testes mecanizados
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8	Linear seriado com postos em paralelo nas operações com tempos de ciclo maiores que o <i>takt-time</i> .
B7	Em formato U com operações manuais
B9	Em formato Y com modelos diferentes começando em linhas diferentes que se unem para a etapa final de montagem
C1 e C2	Em formato U com operações manuais
C3	Linear seriado com postos em paralelo nas operações com tempos de ciclo maiores que o <i>takt-time</i> . Será substituída por linha totalmente automatizada com formato linear seriado.
Empresa D	Linear seriado com postos em paralelo nas operações com tempos de ciclo maiores que o <i>takt-time</i> .

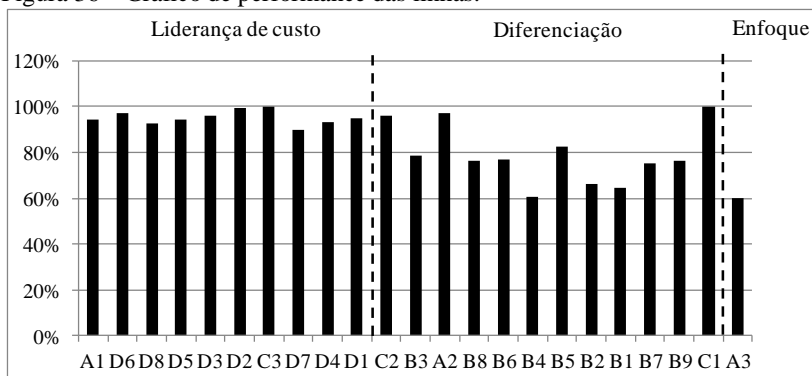
Fonte: desenvolvido pelo autor

Para o layout das linhas da estratégia de Diferenciação (A2, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, C1, C2) a configuração que se mostrou mais eficaz foi a de layout em formato U, como pode ser observado na Figura 36, que representa o gráfico de performance das linhas. As linhas A2, C1 e C2 que adotam este tipo de layout apresentaram média de performance de 97,67%, enquanto as demais linhas, com layout linear seriado, ritmada, e de modelos mistos, obtiveram índices entre 60,83% e 82,58%. O elevado resultado de performance obtido pelas linhas de layout em U se devem à maior flexibilidade que este tipo de linha permite, ao se ajustar os tempos de ciclo dos postos de trabalho manuais ou semiautomatizados ao *takt-time* da linha. Com isso, as perdas e o desbalanceamento são reduzidos, impactando no melhor aproveitamento da capacidade instalada das linhas.

Na estratégia de Enfoque, o único layout observado na linha A3 foi de posicional fixo, onde o produto é montado em um único posto de trabalho através de operações manuais, onde o operador se desloca para

alcançar ferramentas e componentes das operações de montagem. Com a grande variedade entre os produtos montados e diferentes tempos de operação, a performance desta linha se mostrou a menor entre as linhas estudadas com 60%. A falta de padrão inerente a esta estratégia competitiva não permite o alcance de elevados índices de performance.

Figura 36 – Gráfico de performance das linhas.



Fonte: desenvolvido pelo autor

O segundo aspecto investigado na área de organização está relacionado manutenção das linhas estudadas, a fim de analisar quais ações as empresas estão tomando em termos de manutenção da linha para deixá-la operante. Neste sentido, observou-se que o nível de práticas de manutenção adotadas está diretamente relacionado ao nível de automatização das linhas, que por sua vez tem relação com as estratégias competitivas, com explorado no item 6.2 sobre Instalações.

As linhas classificadas em Liderança de custo (A1 e Empresa D), que tem como característica elevado índice de automatização com operações e esteiras mecanizadas, adotam um sistema formal de MPT (Manutenção Produtiva Total) para a manutenção de suas linhas. Na linha A1, além das manutenções preventivas e preditivas, existe uma equipe de manutenção focada com *know-how* específico e localizada próxima à linha. No caso da Empresa D, com linhas de elevado ritmo, existe um setor denominado engenharia de manutenção, que distribui equipes focadas e próximas as linhas, com o objetivo de atender de forma eficiente as necessidades de intervenção. Este cuidado em termos de manutenção para as linhas de Liderança de custo pode ser justificado pela forte dependência de recursos mecanizados, aliada ao desgaste destes recursos que o grande volume de produção ocasiona. Além disso,

devido ao elevado ritmo de montagem, com tempos de ciclo de 7 segundos por exemplo, qualquer pequena parada ocasiona perdas significativas na produção da linha. Ambos os casos adotam o controle da manutenção através do índice de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Nas linhas da estratégia de Diferenciação, conforme sugerido nas análises de Instalações, existem linhas de maior ritmo, cuja a proposta é de utilizar linhas semiautomatizadas, e linhas de menor ritmo com operações manuais exclusivamente. Para as linhas semiautomatizadas, representadas pela linha A2, observou-se que não existem ações tão contundentes como nas linhas de Liderança de custo. As práticas adotadas focam na manutenção preventiva programada e controlada através do sistema corporativo. E o monitoramento é realizado apenas nas máquinas mais críticas. Já para as linhas manuais, não existe significativa preocupação em termos de manutenção de equipamentos, mas o foco é voltado para o melhor aproveitamento das pessoas. Portanto, para as linhas das estratégias de Diferenciação de ritmo lento e nas linhas de Enfoque as práticas e organização em termos de manutenção não carecem de muita sofisticação.

Seguindo nos aspectos analisados na área de Organização, outro ponto observado diz respeito à dinâmica de abastecimento dos componentes nos bordos de linha. A fim de se processar uma análise os dados coletados estão apresentados no Quadro 28.

Como pode ser observado no resumo apresentado no Quadro 28, as práticas em termos de abastecimento das linhas são semelhantes para todas as empresas estudadas, variando apenas o dimensionamento, e alguns pequenos detalhes que serão discutidos em seguida. Como regra geral as empresas adotam um almoxarifado central onde os componentes fabricados internamente ou fornecidos de terceiros são armazenados, e a partir de então distribuídos para as linhas de montagem. Os componentes padronizados são administrados via *kanban*, onde o componente é repostado a partir do consumo deste na linha, sempre em lotes padronizados. Um detalhe interessante, observado no relato das empresas é que, na medida do possível, é desejável que estas reposições sejam feitas nas embalagens que são levadas aos bordos de linha, a fim de evitar a operação de separação, ou *re-packing*, o que agiliza o abastecimento.

Quadro 28 – Abastecimento de componentes.

Linha (s)	Solução	Dimensionamento
A1	<ul style="list-style-type: none"> - Trem logístico com rota definida - Sistema <i>kanban</i> - Supermercados descentralizados próximo à linha 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência horária de abastecimento
A2	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema <i>kanban</i> - Trem logístico com rotas definidas 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência horária de abastecimento - Itens de alto giro - 2 horas - Itens de menor giro - 4 horas
A3	<ul style="list-style-type: none"> - Comissionamento - Trem logístico com rota definidas - <i>Ship-to-line</i> (itens fornecidos de menor valor) 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência horária de abastecimento - Itens C – três dias - Itens A e B - três horas
Empresa B	<ul style="list-style-type: none"> - Terceiros fornecem na embalagem do bordo (sem <i>re-packing</i>) - Componentes padronizados (90% dos itens) – <i>kanban</i> - Trem logístico com rotas definidas 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência de abastecimento: 30 minutos -Bordo: dois ciclos, e mais uma embalagem
C1 e C2	<ul style="list-style-type: none"> - Trem logístico com rotas definidas - quadro de nivelamento - Sistema <i>kanban</i> para itens padrão - <i>junjo</i> para itens variados (linha C1) 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência abastecimento: 20 minutos
C3	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimento é feito pelos operadores da produção - Sistema <i>kanban</i> - Processos de fabricação próximos à linha 	<ul style="list-style-type: none"> - Sem frequência definida
Empresa D	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimento dos setores de fabricação – trem logístico (70% <i>kanban</i>, e 30% MRP) - 50% dos componentes dos compressores midis não tem supermercados - 90% dos itens estão no bordo de linha - 10% em <i>Junjo</i> (sequenciado) – itens mais caros 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência dos processos de fabricação: 1,5h - Supermercados dos processos de fabricação: 4 h - Frequência de abastecimento da linha: 15 minutos - Bordo: 3 ciclos (45 minutos)

Fonte: desenvolvido pelo autor

A partir dos almoxarifados, os componentes são separados conforme a necessidade, e levados em trens logísticos² até os bordos de linha. Os itens padronizados são repostos via *kanban*, onde nos ciclos anteriores o trem logístico recolhe as caixas vazias das linhas e, no próximo ciclo, repõem as caixas recolhidas com caixas cheias de componentes novamente. Já os itens específicos, ou de maior representatividade no custo são abastecidos conforme requisição do sistema, e de forma sequenciada³ com a ordem de montagem da linha. Esta prática é utilizada principalmente nas linhas de grande variedade de modelos, que exigem pequenos lotes de componentes diferentes, como no caso predominante da linha C1.

A frequência de entrega e o dimensionamento das quantidades de componentes nos bordos de linha variam de caso para caso. Porém, pode-se deduzir que linhas com ritmos mais acelerados consomem mais material, e por isso necessitam de maiores quantidades de componentes. Por outro lado, devido à limitação de espaço físico nos bordos de linha, que limitam também a quantidade de peças, uma alternativa é de aumentar a frequência de abastecimento, como ocorre nas linhas da Empresa D, que tem ciclos de entrega de 15 minutos e bordos dimensionados para 45 minutos de consumo de componentes na montagem. Esta é uma solução viável para as linhas da estratégia de Liderança de custo. As linhas de menor consumo podem adotar ciclos de abastecimento mais longos, como é o caso da linha A2 (Diferenciação), que tem frequência horária de abastecimento e dimensionamento nos bordos de 2 a 4 horas.

Outra solução de abastecimento observada para as linhas de alto volume, são os supermercados descentralizados e localizados próximos às linhas, observados nas linhas A1 e C3. Estes supermercados permitem uma alocação de maior quantidade de componentes próximos às linhas, sendo que os próprios operadores podem efetuar o reabastecimento, sem a necessidade de alocar o trem logístico para realizar ciclos muito curtos.

Algumas empresas também apresentaram alternativas para o abastecimento envolvendo terceiros, como no caso da Empresa B, e da

² Ao termo trem logístico foram encontrados outros sinônimos nas empresas estudadas, como: *mizusumashi* e *milk-run*; porém o termo trem logístico foi aqui adotado por estar na língua portuguesa e facilitar a compreensão do leitor.

³ O termo *Junjo* foi explicitado pelas empresas para o abastecimento sequencial das linhas.

linha A3. Para alguns componentes padronizados o próprio fornecedor do componente faz o abastecimento diretamente na linha de montagem e fatura a quantidade reposta para a empresa focal. Este tipo de medida é interessante pois tira a responsabilidade da logística interna sob alguns itens críticos, o que pode beneficiar o abastecimento dos demais componentes.

Para a estratégia de Enfoque da linha A3, foi observado o sistema de comissionamento, que na prática funciona com a formação de kits com os componentes customizados em um único contenedor. Os componentes são colocados em contenedores que ficam alocados em lugares específicos, e que seguem para a montagem somente quando todos os componentes são inseridos no contenedor. Esta medida permite que não falte componentes para a montagem, e também facilita a logística de abastecimento.

O padrão de trabalho foi outro aspecto analisado para os estudos de caso realizados. Ele é importante pois estabelece as rotinas de montagem dos operadores e ainda traz informações específicas para os operadores na montagem. De uma forma geral, todas as empresas demonstraram adotar tais padrões, explicitados através de documentos formais alocados nos postos de trabalho. O conteúdo destes documentos varia de empresa para empresa, conforme as prioridades de montagem. O Quadro 29 traz um detalhamento das denominações e conteúdo dos documentos de padrão de trabalho observados.

Conforme observado nas práticas das empresas, o documento de padrão do trabalho deve trazer as seguintes informações: detalhes das operações e inspeções, sequência de operações, parâmetros de processo, recursos necessários, componentes, tempos de ciclo e *takt-time*. Além disso deve utilizar como recursos visuais fotos, desenhos e diagramas para facilitar o entendimento do operador.

Também se observou diferenças entre o padrão de trabalho entre as diferentes estratégias competitivas. Para as linhas de Liderança de custo (A1, C3 e Empresa D), como a ideia é trabalhar com a mesma configuração nos postos e não variar o ritmo de produção, cada posto tem seu próprio documento detalhando as suas rotinas. Nas linhas da estratégia de Diferenciação (A2, Empresa B, C1 e C2), como podem existir variações nos ritmos de montagem devido à variações na demanda, existem diferentes documentos de padrão de trabalho, conforme o balanceamento proposto. Assim, os documentos de padrão de trabalho para cada posto são revistos a medida que ocorrem as alterações no ritmo da linha. Por fim, na estratégia de Enfoque (Linha A3), com produtos totalmente customizados e diferentes entre si, não foi

observado um documento padrão para os operadores. Neste caso, cada projeto do produto é enviado para a linha contendo as especificações e detalhes de montagem, e o operador executa a montagem conforme sua experiência e conhecimento, sem tempos de ciclo ou sequencias de operações.

Quadro 29 – Documento de padrão de trabalho das empresas.

Linha(s)	Documento	Conteúdo
A1 e A2	Instrução de Fabricação e Exame – IFE	Detalha a operação no nível de movimentos (mão esquerda / mão direita, etc.). Também contém informações sobre inspeções, quando aplicado, utilizando fotos, parâmetros de processo, etc).
A3	Projeto do produto	Detalhes de montagem e componentes
Empresa B	Folha de Instrução de Trabalho – FIT	Contém informações sobre os pontos de inspeção, sequencia de atividades, recursos necessários, e componentes.
Empresa C	Ficha de Instrução de Produção – FIP	Controle: o que deve ser verificado em termos de qualidade, parâmetros de qualidade; O que usar: em termos de dispositivos e equipamentos de auxílio; Método: Descrição de como realizar as operações, tempos, frequência.
Empresa D	<i>Standart Operational Production</i> - SOP	Contém a descrição das atividades, recursos e ferramentas a serem utilizadas, medidas e parâmetros do produto.

Fonte: desenvolvido pelo autor

O último aspecto da área de decisão Organização considera as práticas em termos de tempos e métodos, considerando principalmente a forma de tomada de tempos das operações. Com relação a isto, foram encontradas basicamente duas formas de medição de tempos: cronoanálise e MTM (*Methods Time Mesurement*).

A cronoanálise é um método tradicional para a tomada de tempos, e teve início com Frederic Taylor em seus estudos de tempos e movimentos, que marcou o início da administração científica. Através da análise dos movimentos e cronometragem se determina a melhor forma de trabalho e os tempos padrão das operações. Esta forma de determinação dos tempos foi observada para a linha A1 e para as linhas da Empresa C. Na linha A1, a engenharia industrial realiza a tomada de

tempos e determina os tempos padrão, que são confirmados através de cronometragem pelos líderes de processo. Como as operações na linha A1 são automatizadas, a cronometragem tem uma boa assertividade, pois os tempos não estão sujeitos às variações humanas, portanto para este tipo de linha o método de cronoanálise já é suficiente.

A Empresa C utiliza-se da cronoanálise para a tomada de tempos, e ainda aplica concessões para a determinação dos tempos padrão das operações manuais. Estas concessões são justificadas pela diferença entre os ritmos dos operadores, fadiga no processo, e ainda as possíveis pausas para necessidades fisiológicas, ginástica laboral, etc. A concessão adotada para montagens manuais na Empresa C é de 12%, sendo 6% são de necessidades fisiológicas e os outros 6% restantes de fadiga, ritmo, e outros.

O método MTM, é adotado para a linha A2, e linhas das Empresas B e D. Todas estas linhas “migraram” da cronoanálise para este método recentemente, e tem como característica em comum a existência de atividades manuais em suas operações de montagem. Este método tem por objetivo o estudo dos movimentos dos operadores através de filmagens e análises que visam a melhoria do processo. Ao se chegar na movimentação ideal das operações, se aplicam tabelas de tempos pré-determinados para a definição dos tempos padrão das operações de montagem.

O MTM é complementar cronoanálise pois permite a determinação dos tempos mesmo antes da linha existir, facilitando no dimensionamento e projeto de novas linhas. No entanto, apesar de determinar tempos “ideais” com base em tempos pré-determinados, a confirmação dos tempos no processo é necessária para ajustes. Esta confirmação é feita através de cronometragem, a exemplo da linha A2. Nesta linha o líder realiza a tomada de tempos em 40 ciclos de operação, a fim de confirmar e ajustar os tempos propostos pelo método MTM. Portanto, a definição dos tempos com base em tempos pré-determinados não é suficiente por si só, e combinada com a cronoanálise pode trazer melhores resultados.

Com base na análise exposta neste item, o Quadro 30 resume as propostas de soluções para a área de Organização, a partir dos casos estudados.

Quadro 30 – Propostas de soluções para a área de Organização.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
Layout	Linear seriada	Formato U	Posicional fixo
Manutenção	Equipe dedicada à linha MPT Controle via OEE	Programa de manutenção preventiva	Programa de manutenção preventiva, quando aplicável
Abastecimento	Supermercado próximo à linha Trem logístico com ciclos curtos	Trem logístico com ciclos médios	Comissionamento
Padrão de trabalho	Padrão fixo de trabalho	Padrão definido conforme <i>takt-time</i>	Sem padrão definido
	Detalhes das operações e inspeções, sequência das operações, parâmetros de processo e qualidade, recursos necessários, componentes, tempos de ciclo, <i>takt-time</i> , fotos, diagramas, desenhos.		Detalhes do produto e componentes
Tempos e métodos	Cronoanálise	MTM e cronoanálise	Estimativa de tempos

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.8 RECURSOS HUMANOS

A área de decisão Recursos Humanos é uma das mais importantes no que se refere à linhas de montagem, pois este tipo de sistema produtivo depende fundamentalmente das pessoas para sua operação. Hayes, Wheelwright e Clark (1988) definem que esta área de decisão deve abordar as políticas e as práticas de recursos humanos, incluindo administração, seleção e treinamento. Neste sentido, a presente pesquisa considerou os seguintes aspectos dentro do tema: polivalência, qualificação, ergonomia, motivação, capacitação, e segurança.

O aspecto de polivalência foi o primeiro analisado na área de decisão Recursos Humanos. De uma forma geral, todas as empresas do estudo de caso alegam buscar a polivalência de seus operadores, a fim de obter maior flexibilidade, possibilidades de revezamento nos postos de trabalho, absorver ausências, etc. De fato, a administração da mão de obra foi um dos aspectos mais críticos apontados pelos gestores das

linhas de montagem estudadas, e desenvolver colaboradores capazes de atuar em diferentes postos de trabalho pode fazer a diferença no desempenho da linha.

O tipo de estratégia competitiva das linhas exerce forte influência sobre o nível de polivalência dos operadores, pois quanto maior o ritmo de montagem e padronização dos produtos, maior a automatização dos processos e menor a exigência de operadores polivalentes. Por outro lado, na medida em que o produto ganha variedade e customização, os ritmos de montagem caem com operações mais manuais e flexíveis, exigindo dos operadores maior nível de polivalência.

Para a Linha A1, de Liderança de custos, a elevada automatização limita a polivalência dos operadores, que operavam somente no posto de injeção ao alimentar manualmente a máquina. Já nas linhas da Empresa D, que opera com diversas atividades manuais, como ilustra a Figura 27, existe um forte programa de treinamento e polivalência nas linhas de montagem. Este programa é necessário devido aos elevados índices de rotatividade e *turnover* da empresa, o que faz com que a empresa tenha sempre a necessidade de treinar os operadores nas diversas funções a fim de cobrir as faltas. Como discutido no Item 6.2 (Instalações) a empresa necessita investir na automatização dos processos, a fim de reduzir o número de postos manuais, que se tornam humanamente impraticáveis no longo prazo, devido aos reduzidos tempos de ciclo exigidos.

Na estratégia de Diferenciação, a polivalência ganha maior importância, pois com ciclos médios, os operadores podem executar diversas operações em suas rotinas. Além disso, a exemplo da Linha A2, na medida em que a demanda muda, e as rotinas de operação são alteradas, os operadores necessitam estar preparados para estas alterações. Na linha A2, todos os operadores são polivalentes e executam todas as operações da linha. Este nível de polivalência é conseguido através de treinamentos específicos e realizados *on-the-job*. As demais linhas da estratégia de Diferenciação também apresentam programas formais de treinamento para a polivalência de seus operadores.

Por fim, na estratégia de Enfoque, devido ao elevado nível de customização, os operadores devem ser totalmente polivalentes, a fim de estar apto a lidar com as variações do produto e novas especificações técnicas. A exemplo da linha A3, onde os operadores são muito bem treinados e qualificados. Nesta linha operam os colaboradores mais qualificados da unidade de negócio, e para trabalhar nela passam por diversos treinamentos existentes no programa da empresa, além de

passar anteriormente por todas as linhas da empresa. Estas constatações demonstram que o nível de polivalência exigido dos operadores, cresce na medida em que a estratégia competitiva caminha em direção à customização, ou Enfoque.

Assim como na polivalência, o nível de qualificação e os programas de treinamento se intensificam quando necessária maior flexibilidade dos sistemas de montagem. Nas linhas de Liderança de custo (A1 e Empresa D), observou-se predominantemente operadores com o segundo grau de escolaridade. Já nas linhas de Diferenciação e Enfoque, as empresas relataram possuir diversos colaboradores com grau técnico e nível superior, o que faz com que os operadores sejam mais bem qualificados e aptos a realizarem as mais diversas atividades, que um ambiente mais flexível exige. Além disso são bastante motivados e comprometidos com o trabalho, realizando diversas sugestões de melhoria no processo. Por outro lado, a elevada qualificação faz com que estes operadores busquem promoções e tenham que seguir para outras áreas da empresa.

Nos aspectos de Ergonomia e Segurança do trabalho, todas as empresas demonstraram ter preocupação com estes temas, inclusive adotando programas específicos para tratar estes assuntos. Com relação à Ergonomia, todas as empresas adotam ginástica laboral, e fazem análises dos postos de trabalho para homologação e classificação segundo o grau de risco ergonômico, havendo intervenções da engenharia para que os problemas sejam resolvidos. No caso da Empresa A, por exemplo, a meta é obter 100% dos postos liberados, ou seja, sem riscos ergonômicos. São feitas análises biomecânicas, antropométricas, NIOSH, RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*), REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), dentre outras.

Algumas empresas adotam rodízios de função nos postos considerados críticos, onde os colaboradores trocam de posto de trabalho periodicamente (1 ou 2 horas). Outras empresas fazem o rodízio em todos os postos de trabalho, como é o caso da Empresa D, que em virtude do elevado ritmo da linha, e repetitividade das operações, faz com que os operadores tenham que mudar suas atividades a cada trinta minutos para reduzir a fadiga e stress. Esta constatação reforça a necessidade de que linhas da estratégia de Liderança de custo tenham suas atividades automatizadas, pois o elevado ritmo oferece riscos ergonômicos para os operadores da montagem.

Com relação à segurança do trabalho, todas as empresas consideram o uso obrigatório de Equipamentos de Proteção Individual

(EPIs), como óculos, tampões de ouvido, sapatos, etc. Também existem nas empresas equipes de engenharia focadas no tratamento destes assuntos, além da CIPA (Comissão Interna de Prevenção e Acidentes), que normalmente é formada pelos próprios operadores, com o intuito de propor melhorias que venham evitar acidentes. Além das equipes dedicadas ao tema, as empresas adotam eventos dedicados à divulgação dos trabalhos realizados, e a discussão e treinamento em termos de acidentes. Por exemplo, na Empresa A, diariamente existe o minuto da segurança, onde se discute casos de acidentes reais ou eminentes para prevenção. Outro evento adotado em todas as empresas é a SIPAT, Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho, quando se dedica uma semana inteira para tratar os temas de acidentes do trabalho. Assim sendo o Quadro 31 resume as propostas de solução para a área de Recursos Humanos.

Quadro 31 – Propostas de soluções para a área de Recursos humanos.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
Nível de Polivalência	Baixo	Médio	Alto
Nível de qualificação	Baixo	Médio	Alto
Ergonomia	Ginástica laboral, análise ergonômica dos postos de trabalho: análises biomecânicas, antropométricas, NIOSH, RULA (<i>Rapid Upper Limb Assesment</i>), REBA (<i>Rapid Entire Body Assessment</i>), dentre outras.		
	Rodízio em todos os postos	Rodízio nas atividades críticas	Sem rodízio
Segurança do trabalho	Uso obrigatório de EPIs, CIPA, e SIPAT, análise dos postos de trabalho		

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.9 NOVOS PRODUTOS

A área de decisão Novos Produtos busca, segundo Hayes, Wheelwright e Clark(1988), definir como deve ser o processo de desenvolvimento dos novos produtos. Particularmente para as linhas de montagem, as decisões tomadas na etapa de desenvolvimento impactam diretamente no desempenho das linhas na medida em que a complexidade do produto em termos de montagem, variedade de componentes, parâmetros de qualidade e processo, são variáveis que o

processo de montagem deve estar apto a absorver, a fim de atender aos requisitos propostos pelo desenvolvimento. Por isto, nesta pesquisa foram estudados dentro da área de Novos Produtos questões de personalização, modularidade de componentes, engenharia simultânea e comunicação, características dos produtos e ciclo de vida.

A primeira análise dentro da área de Novos produtos diz respeito ao nível de personalização exigido pelo cliente para o produto montado nas linhas estudadas. Sob este aspecto, a estratégia competitiva tem influência direta na variedade produzida e customização apresenta nas linhas de montagem.

Nas linhas de Liderança de custo, todas, exceto a linha B3, apresentaram grande padronização dos produtos, com poucas diferenças entre os modelos produzidos. Na linha A1, apesar de vinte modelos serem produzidos, a diferença entre os produtos e componentes é pequena, sendo que os tempos de ciclo são muito parecidos. Isto também vale para a linha C3 - de misturadores, e para as linhas da Empresa D – de compressores. No caso dos compressores, a empresa adota linhas e células de montagem específicas para as customizações dos clientes. Assim, nas linhas estudadas os compressores são padronizados, e depois podem passar por customizações na parte externa dos compressores padrão.

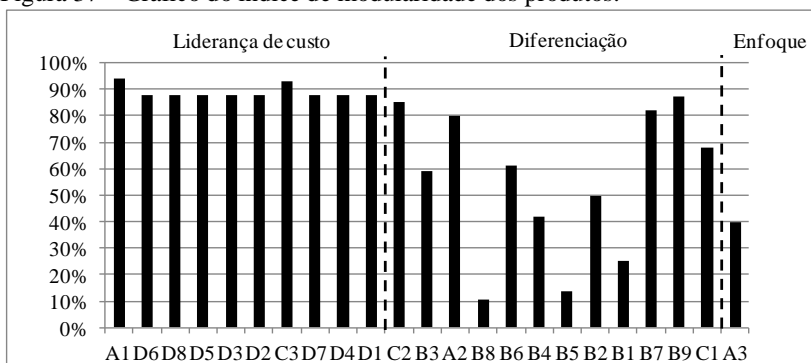
Nas Linhas de Diferenciação, voltadas predominantemente para a montagem de produtos finais - que são vendidos para o varejo, a característica é de produtos diferenciados com montagem de vários modelos para atender às necessidades do mercado. Na linha B5, que monta refrigeradores de duas portas, um dos modelos pode inclusive ter customizações feitas pelo cliente final, que através do *web site* da empresa pode escolher cores de diversas partes do produto, e ainda definir componentes e espaços que gostaria de ter. Porém, na linha de montagem o produto é montado como os demais, e então é retirado da linha, para que sejam feitas as customizações definidas pelo cliente. Ou seja, para a linha de montagem estes produtos são montados da mesma forma, porém para o cliente é um produto quase único.

A Linha A3, da estratégia de Enfoque, é a única a apresentar as características de customização plena. Para esta linha cada produto tem um projeto único e projetado para atender às necessidades específicas de cada cliente, sendo que dificilmente um produto será repetido na montagem.

Acompanhando as características de personalização dos produtos, outra análise considera o nível de modularidade dos componentes montados. A utilização de componentes modulares permite que a linha

monte uma gama variada de modelos com os mesmos componentes. Com isso se torna possível produzir a variedade exigida pelo mercado, sem no entanto prejudicar a eficiência da linha, pois os tempos de operação entre os modelos serão semelhantes, e ainda se pode utilizar os mesmos componentes no bordo de linha, o que facilita o abastecimento, a utilização de *kanban*, e etc. Neste sentido, a modularidade acompanha a personalização dos produtos e a estratégia competitiva, como pode ser observado na Figura 37.

Figura 37 – Gráfico do índice de modularidade dos produtos.



Fonte: desenvolvido pelo autor

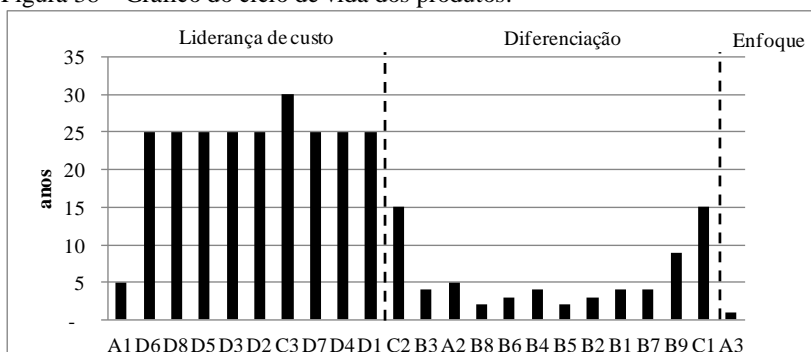
Como pode ser observado, as linhas da estratégia de Liderança de custos com produtos mais padronizados, faz uso de componentes modulares para a montagem. A linha A1, por exemplo, monta vinte tipos diferentes de modelos, e utiliza cerca de 94% de itens modulares, ou seja, que podem ser utilizados em todos os modelos de produtos. Isto faz com que a linha consiga produzir os diferentes modelos, sem perder em eficiência.

Na medida em que a estratégia vai caminhando para a Diferenciação e Enfoque, os índices de modularidade caem, pois uma gama maior de componentes é necessária para suprir a variedade e customização que estas estratégias exigem. Ainda assim, as linhas A2, C2, B7, B9 e C1 apresentaram elevados índices de modularidade dentro da estratégia de Diferenciação. Este pode ser um fator importante para o bom desempenho destas linhas que apresentaram também os melhores índices de eficiência, conforme exposto na Figura 36. Curiosamente, ao analisar também os índices de rotatividade na Figura 29 estas linhas também apresentaram os menores índices. A partir destas análises é possível concluir que as empresas, mesmo trabalhando em estratégias de

variedade, como Diferenciação e Enfoque, devem buscar o desenvolvimento de produtos com componentes modulares, a fim de atender o cliente, mas também manter as linhas produtivas, através da manutenção do padrão, que é essencial para linhas eficientes.

Outro ponto analisado dentro da área de Novos Produtos diz respeito ao ciclo de vida dos produtos, o que impacta no período de tempo em que estes produtos serão montados, e por consequência na mudança de *mix* e adaptações das linhas de montagem. Neste sentido a Figura 38 traz o gráfico do ciclo de vida dos produtos, onde consta a média em anos que os produtos ficam ativos e em produção nas linhas de montagem.

Figura 38 – Gráfico do ciclo de vida dos produtos.



Fonte: desenvolvido pelo autor

Considerando o ciclo de vida das linhas, observa-se claramente que na estratégia de Liderança de custo, os produtos tendem a ficar ativos por um longo período. Como pode ser observado, a maior parte dos produtos ficam ativos mais que vinte e cinco anos, sendo que para a linha A1, o ciclo de vida de um modelo de válvula é de cinco anos, porém novos modelos não tem grandes alterações no produto, haja vista a padronização do produto discutida anteriormente. A característica de elevados ciclos de vida justificam os altos investimentos em automatizações que este tipo de linha exige para a redução do custo do produto.

Para as linhas da estratégia de Diferenciação, existe uma tendência de ciclos de vida menores do produto, principalmente nas linhas da Empresa B, cujos ciclos de vida estão em torno de quatro anos. Esta realidade é explicada pela exigência do mercado de linha branca em estar constantemente renovando seu portfólio de produtos, através de

lançamentos de novos modelos, ou alterações nos modelos existentes. Para a linha de montagem esta característica de mercado e desenvolvimento de produtos implica em mais variedade, haja vista o menor índice de modularidade, Figura 37, o que influencia na produtividade e eficiência das linhas. Para a linha A3 da estratégia de Enfoque, devido às customizações, cada produto é praticamente único, exigindo do desenvolvimento de produtos constantes atualizações.

Relacionado ao ciclo de vida estão os aspectos de engenharia simultânea e comunicação no desenvolvimento de novos produtos. Esta constatação pode ser observada pela estrutura adotada pelas empresas para o processo de desenvolvimento de novos produtos. Os dados coletados das linhas pesquisadas estão apresentados no Quadro 32.

Como pode ser observado no Quadro 32, as Empresas que têm produtos com ciclos de vida menores, Empresas A e B, apresentam processos de desenvolvimento e comunicação mais bem estruturados, e envolvendo a participação de equipes multidisciplinares, dentro do conceito de engenharia simultânea. Isto se faz necessário devido às mudanças exigidas pelo mercado, que exigem que as empresas estejam bem estruturadas em termos de desenvolvimento para captar as necessidades dos consumidores e transformarem estas informações em produtos o mais rápido possível, o que somente é viável com um processo bem definido e com boa comunicação. No caso da Linha A3, com produtos altamente customizados, existe uma forte interação entre a engenharia de desenvolvimento, cliente, e equipe de vendas. Neste caso, vendas tem um papel fundamental, pois tem a função de entender bem as necessidades dos clientes e transformá-la em requisitos para o produto, havendo uma forte interação entre as partes.

Nas outras empresas, C e D, com ciclos de vida maiores de seus produtos, não existe uma engenharia simultânea e comunicação bem estruturada, pois a dinâmica de mercado em que estão inseridas não exige. Para a Empresa C, os metais sanitários desenvolvidos ficam em torno de quinze anos no mercado, sendo que o produto registro de gaveta já existe há trinta anos. Já na Empresa D, os compressores são produzidos a vinte cinco anos, havendo melhorias significativas em torno de seu desempenho e custos. No entanto, o foco do desenvolvimento é mais de pesquisa de engenharia do que em criação e relacionamento com os consumidores propriamente dito, o que faz com que este setor concentre todo o processo.

Quadro 32 – Ciclo de vida e processo de desenvolvimento de produtos.

Empresa	CV (anos)	Processo de Desenvolvimento de Produtos
A	1 a 5	Adotam times multidisciplinares, e terceiros participam conforme a demanda. O tempo de duração varia conforme a complexidade do projeto, mas em geral de 6 meses a 1 ano. Em alguns casos de novas “plataformas” pode durar mais tempo. Existe padronização para o desenvolvimento de produto (PEP – <i>Produktentstehungsprozess</i>) com todas as fases, incluindo o processo produtivo. Para a linha A3, existe uma forte iteração entre a engenharia, vendas e cliente final, a fim de desenvolver um produto customizado e que atenda às necessidades exatas do cliente.
B	2 a 9	Existe um processo de desenvolvimento bem definido, onde diversos setores participam nas etapas decisivas, ou <i>gates</i> . São formadas equipes multidisciplinares específicas para cada projeto. Os principais fornecedores participam do processo de desenvolvimento, mas a grande maioria não. Existe uma forte iteração como cliente final através de pesquisas para o desenvolvimento. Os projetos duram de 6 meses a 1 ano.
C	15 a 30	Não existe engenharia simultânea estruturada. Os problemas de processo são identificados posteriormente, dependendo do tipo de produto. O tempo de desenvolvimento desde a identificação da oportunidade até o lançamento é de 1,5 anos. Na engenharia são cinco meses.
D	25	Não existe engenharia simultânea, sendo que o setor de Pesquisa e Desenvolvimento concentra todo o desenvolvimento

Fonte: desenvolvido pelo autor

Através das análises apresentadas para a área de Novos produtos, o Quadro 33 resume as propostas de soluções para a área desenvolvidas neste item.

Quadro 33 – Propostas de soluções para a área de Novos produtos.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
Nível de personalização	Baixo	Médio	Alto
Nível de modularidade	Alto	Médio	Baixo
Ciclo de vida	Alto, mais de cinco anos	Médio, até cinco anos	Baixo, produtos únicos ou até um ano
Engenharia simultânea e comunicação	Pouca	Muita	Muita
	Foco em engenharia. Melhoria do desempenho e redução de custos	Foco no mercado. Envolvimento de todas as áreas	Foco no cliente. Forte interação entre vendas, cliente e desenvolvimento

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.10 QUALIDADE

A qualidade é a área de decisão infraestrutural que, segundo Hayes, Wheelwright e Clark (1988) trata dos sistemas de controle e garantia da qualidade (prevenção de defeitos, monitoramento, intervenção). Neste estudo considerou-se para esta área de decisão o estudo sobre 5S, detecção de problemas, monitoramento da qualidade, e trabalho de grupos de melhoria para a qualidade no processo.

No que se refere à organização, todas as empresas demonstraram ter preocupação em adotar a prática de 5S no processo com objetivo de manter os postos de trabalhos ordenados e limpos. As Empresas A, B, e D adotam programa formal de certificação dos postos de trabalho, inclusive com auditorias mensais para avaliar o nível de organização. O rigor para a certificação dos postos de trabalho varia de empresa para empresa. Por exemplo na empresa B, os postos da Empresa B devem atingir 50% dos pontos para certificar-se. Já na Empresa A, o índice deve chegar a 90% para considerar um posto certificado em 5S. A empresa C não adota auditorias nem programa formal de 5S, no entanto implementa esta prática durante os *Kaizens* realizados no processo. Apesar disto, através das visitas, percebeu-se que um programa formal traz melhores resultados pois os colaboradores passam a considerar a

organização e limpeza no processo como sendo aspectos do dia a dia, e incorporam estes conceitos na cultura da empresa.

O segundo tema considerado na área de decisão de Qualidade, diz respeito à implantação de mecanismos de detecção e correção de defeitos, e que garantam a qualidade no processo, como *poka-yokes*, *andons*, etc.. Quanto a esta prática, as empresas que adotam linhas com maiores ritmos e padronização do processo, demonstraram adotar tais práticas. Para a linha A1 de Liderança de custo, totalmente automatizada, existe *poka-yokes* e testes em 100% dos produtos. Já na linha A2 semiautomatizada, de diferenciação e elevado ritmo de montagem, a linha de montagem já é projetada prevendo dispositivos a prova de erros, e *andons* para chamar a atenção no processo, caso haja problemas. Além disso, os *poka-yokes* são de implantação obrigatórias para problemas detectados pelo cliente. Nas linhas da Empresa D, existem “filtros” (*poka-yokes*) para identificação de problemas no processo, além de testes em 100% dos produtos. Nos postos de trabalho gargalos, existem *andons* que são acionados caso haja problemas.

Para as demais linhas a implantação de mecanismos de detecção de defeitos fica limitada. Nas linhas ritmadas da Empresa B, a variedade nos impede a implantação de *poka-yokes*, nestas linhas existe teste em 100% dos produtos, e *andons* que são acionados caso o tempo de operação dos processos críticos seja ultrapassado. Para a Empresa C, com linhas predominantemente manuais não existem mecanismos de detecção de erros, pois os operadores que executam as operações são responsáveis e têm condições de identificar defeitos. Testes são executados em 100% dos produtos ao final do processo. Além disso, existem *andons* que são acionados caso haja algum problema, principalmente no que se refere à qualidade dos componentes que vão para a linha. A Empresa C adota um sistema denominado de cadeia de ajuda, que aciona os diferentes níveis hierárquicos dependendo da gravidade e dificuldade em resolver os problemas. Na linha A3, da estratégia de Enfoque, como não existe padronização, e nem ritmo de montagem, não existem mecanismos de detecção de defeitos, cabendo ao operador a responsabilidade pela qualidade.

No que se refere ao monitoramento dos defeitos no processo, percebeu-se que as linhas com maior ritmo e automatização se adotam ferramentas de controle e monitoramento com base estatística. Na linha A1 existe a ferramenta de Controle Estatístico do Processo (CEP) para monitoramento de características críticas como vazão dinâmica e vazão estática. Além disso, se aplicam auditorias do produto pelo setor de qualidade, inspeção visual em todos os produtos, e auditoria escalonada

para a confirmação de processo. Na Empresa D, aplicam-se as ferramentas estatísticas de CEP e Seis sigma para monitoramento da qualidade. Além disso, estão retomando na empresa a figura do controlador de qualidade responsável por auditar o processo e produtos todo o tempo, em decorrência da existência de muitos problemas devido à instabilidade da mão de obra e ao elevado ritmo de trabalho. Tais cuidados são necessários para as linhas de Liderança de custo, devido ao alto volume de produção, que inviabiliza uma atenção individual para cada produto, o que pode gerar mais defeitos.

Já nas linhas de Diferenciação e Enfoque, o monitoramento da qualidade é realizado principalmente através de testes, que podem ser ao longo da montagem, como na Empresa D. ou ao final do processo, como nas linhas A2, A3, e linhas da Empresa C. Além dos testes, em casos especiais como na exportação da Empresa C pode-se aplicar auditorias por amostragem. Ou ainda testes laboratoriais para ensaios mais elaborados, como na Empresa B.

O último aspecto estudado dentro da área de decisão Qualidade considera os trabalhos em grupo para melhorias no processo de montagem. Neste sentido todas as empresas demonstraram adotar programas formais de estímulo ao trabalho em grupo. Nas linhas A1 e A2, se adota o conceito de melhoria contínua da manufatura enxuta através dos TOPs (Times Orientados à Produção), que discutem os problemas e melhorias do processo. Além disso adotam reuniões diárias (*daily meetings*) para debater assuntos pontuais de qualidade. A empresa oferece incentivos financeiros para as soluções que trouxerem resultado significativos. Já para a linha A3, localizada no estado de Santa Catarina, as melhorias são realizadas através de Grupos *Kaizens*, originados a partir da ferramenta de Mapeamento de Fluxo do Valor para projetos específicos. Além disso utilizam o conceito de *Kaizen Teian*, que são melhorias incrementais feitas no dia a dia. Mensalmente são feitas reuniões para a divulgação dos trabalhos de melhoria. Também são recompensadas as melhores soluções para os problemas.

Na Empresa B trabalha-se com grupos de CCQ e grupos *Kaizen*. Os grupos de CCQ são perenes, geralmente de uma mesma área, e executam melhorias. Já os grupos *Kaizens* são formados para um projeto específico, que dura uma semana, e são liderados por um operador especialista no assunto da melhoria, denominado *lean champion*. Existem apresentações semanais, e um evento anual onde são apresentados os trabalhos dos CCQs e *Kaizens*, e premiados os melhores trabalhos.

A Empresa C não adota os grupos de CCQ, porém adotam os grupos de *kaizen*, que são formados para implantar melhorias advindas do mapeamento de fluxo de valor. Também possuem um programa de melhorias que incentiva as sugestões por parte dos colaboradores, com premiações em dinheiro para os melhores trabalhos. Por fim, na Empresa D existem grupos de CCQ para pequenos projetos de melhoria, e grupos de *kaizen* para resolução de problemas maiores originados a partir do MFV. Existe premiação para os melhores trabalhos, e todas as sextas-feiras os grupos apresentam as melhorias realizadas. Em se tratando de Qualidade, todas as ações e práticas para o envolvimento dos colaboradores são bem vindas, e por isso propostas para todas as estratégias competitivas. O Quadro 34 resume as soluções discutidas e propostas para a área.

Quadro 34 – Propostas de soluções para a área de Qualidade.

Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
5S	Programa formal de implantação com certificação e auditorias periódicas nos postos de trabalho		
Mecanismo de detecção de problemas	Implantação de <i>poka-yokes</i> <i>Andons</i> nos postos críticos	<i>Poka-yokes</i> limitados <i>Andons</i> nos postos críticos	Sem mecanismos
Monitoramento	Ferramentas estatísticas: CEP e seis sigma Inspeção por amostragem	Testes na linha Inspeção por amostragem	Testes em todos os produtos <i>checklist</i>
Grupos de melhoria	CCQs, Grupos de <i>Kaizen</i> com projetos específicos, <i>Kaizen Teian</i> , encontros diários (<i>daily meeting</i>), programa de sugestões, apresentações periódicas das melhorias, eventos anuais com premiação para os melhores trabalhos.		

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.11 MEDIDAS DE DESEMPENHO

Por fim, a última área de decisão estudada é a de Medidas de desempenho, que segundo Hayes, Wheelwright e Clark (1988) se refere a indicadores de desempenho, e sistemas de recompensa incluindo sistema de alocação de capital. Neste sentido a presente pesquisa buscou levantar quais indicadores as empresas vêm adotando para monitorar e

avaliar o desempenho de suas linhas, a fim de propor indicadores chave a serem utilizados. O Quadro 35 traz a lista de indicadores adotados pelas empresas, bem como a forma de medi-los, unidades utilizadas, e metas - quando apurado. Procurou-se para este levantamento registrar todos os indicadores monitorados, sem entrar no mérito dos resultados obtidos.

De uma forma geral, observa-se que cada empresa adota indicadores específicos para cada gestão em particular, sendo que os indicadores são escolhidos a partir do desdobramento de políticas e estratégias traçadas no nível corporativo. O monitoramento é realizado mensalmente, observando se a meta foi atingida. Em caso de não atendimento à meta, a gerência deve prestar esclarecimentos sobre os problemas ocorridos, e também desenvolver ações corretivas e preventivas para que as falhas sejam resolvidas e não voltem a ocorrer.

Nas estratégias de Liderança de custo e Diferenciação, os indicadores das empresas focam principalmente na manutenção do ritmo e produtividade da linha, qualidade dos produtos e processos, nível de atendimento ao cliente, e custos envolvidos, como: custos fixos, variáveis e estoques.

Para as linhas com postos manuais, principalmente na estratégia de Diferenciação, constatou-se grande preocupação com a participação da mão de obra, através dos índices de rotatividade e absenteísmo, pois o fator humano exerce grande influencia no desempenho deste tipo de linha. Já na estratégia de Enfoque, representada pela linha A3, o foco dos indicadores se deu principalmente para o monitoramento da qualidade dos produtos montados, na pontualidade de entrega ao cliente, e no percentual de agregação de valor, que considera o tempo despendido para a montagem dos produtos em relação ao previsto.

Devido ao crescimento da preocupação ambiental na sociedade, a Empresa B implantou recentemente indicadores para medir o impacto ambiental gerado por suas atividades, com o intuito de monitorar e reduzir os prejuízos causados ao meio ambiente, o que direciona a cultura da empresa para uma visão mais sustentável, aspecto muito valorizado hoje em dia.

Diante do conteúdo exposto neste item, sugere-se 19 indicadores principais para o monitoramento do desempenho das linhas de montagem, apresentados no Quadro 36. Estes indicadores foram enquadrados nos aspectos de custo, qualidade, processo e meio ambiente, e representam os principais pontos de controle das linhas estudadas.

Quadro 35 – Soluções para dispositivos de identificação do produto.

Linha (s)	Indicador	Medida	Unidade	Meta
A1	Custo fixo	Valor financeiro gasto com custos fixos	Reais	-
	Custo variável	Valor financeiro gasto com custos variáveis	Reais	-
	Estoques (WIP e Acabado)	Nível de estoque total / demanda diária	dias	33
	Eficiência da mão de obra	Minutos de produção/minutos trabalhados	%	85
	Produtividade	Aumento em relação ao ano anterior (produtos/minuto trabalhado)	%	8
	Índice de defeitos internos	Número de produtos com defeito / Número total de produtos	%	0,18
	Reclamações dos clientes	Número de reclamações/número total de produtos	ppm	4
	Distúrbios nos clientes	Número de casos observados	Casos	18
	OEE	Disponibilidade x Performance x Qualidade	%	85
A2	Eficiência de mão de obra	Minutos de produção/minutos trabalhados	%	82
	OEE	Disponibilidade x Performance x Qualidade	%	85
	Produtividade	Aumento em relação ao ano anterior (produtos/minuto trabalhado)	%	8
	Nível de inventário	Valor do estoque / valor de faturamento mensal * 30	dias	26
	Custos fixos e variáveis	Valores reais em unidade monetária	Reais	-
	Custo de defeito interno	Custo do defeito/custo do produto	%	0,15
	Defeitos 0km	Número de produtos com defeitos /número total de produtos	ppm	6,5
	Número de distúrbios no cliente	Quantidades de casos de reclamações	Casos	67
	Fidelidade de entrega	Número de entregas no prazo / Número total de entregas	%	98
	Fornecimento diário	Quantidade de peças fornecidas	Quantidade	Plano Mensal

Linha (s)	Indicador	Medida	Unidade	Meta
A3	Índice de fidelidade de entrega	Número de entregas no prazo / Número total de entregas	%	-
	Giro financeiro de estoque	Valor do estoque / valor de faturamento mensal * 30	Dias	-
	5S	Checklist de auditoria	%	-
	Índice de rejeição interna	Número de produtos com defeito identificado internamente / Número total de produtos	%	-
	Índice de rejeição em campo	Número de produtos com defeito identificados no cliente / Número total de produtos	%	-
	Índice de agregação de valor	Tempo de produção líquido / <i>lead time</i> de produção	%	-
Empresa B	LAP	Número de produtos não conformes detectados no laboratório/número total de produtos	Número	-
	Índice de qualidade no processo	Número de desvios do padrão / total de processos	%	5
	Produtos sem defeitos	Produtos com defeitos / produtos montados	%	88
	Índice de qualidade na linha	(1- Percentual de defeitos)	%	75
	Produto bloqueado	Produtos com defeitos no estoque	Número	0
	Orçamento	Valor gasto / valor orçado	%	<=100
	Scrap - Percentual de peças sucateadas	Número de peças sucateadas/ total de peças	%	-
	Produtividade real	Volume produzido/número de pessoas	Número	>8
	5S	Número de ilhas certificadas em 5S	Número	-
	Inventário	Peças consumidas / peças previstas	%	-
	Kaizens	Número de eventos <i>kaizens</i> por mês	Número	-
	TPM (Fase 4)	Número de equipamentos certificados na fase 4	Número	-
	TPM (Moldes e ferramentas)	Número de moldes e ferramentas que estão no TPM	Número	-
	AC	Prazo de atendimento de peças – com pedidos em até 3 dias	%	100%
	SAAP	Número de assistências aguardando peças	Quantidade	0

Linha (s)	Indicador	Medida	Unidade	Meta
	CAP	Número de consumidores aguardando peças	Quantidade	0
	OEE	Disponibilidade x Performance x Qualidade	%	≥ 75
	Manutenção	Índice de Indisponibilidade	%	-
	Índice de rotatividade	$((\text{entradas} + \text{saídas}) / 2) / (\text{total de funcionários})$	%	$\leq 1,65$
	Índice de absenteísmo	$\text{total de ausências} / (\text{total de pessoas} \times \text{dias trabalhados})$	%	$\leq 2,5$
	Percentual de exames periódicos feitos no prazo	$\frac{\text{Número de exames periódicos feitos no prazo}}{\text{Número total de exames periódicos}}$	%	> 6
	Percentual de pessoas com necessidades especiais	$\frac{\text{Número de pessoas com necessidades especiais}}{\text{Número total de pessoas}}$	%	> 6
	Percentual de colaboradores que receberam <i>feedback</i> formal de desempenho	$\frac{\text{Número de pessoas que receberam } feedback}{\text{Número total de pessoas}}$	%	> 11
	Taxa de frequência sem afastamento	$\frac{\text{Número de acidentes sem afastamento} \times 200000}{\text{horas trabalhadas}}$	Valor	$\leq 0,72$
	Taxa de frequência com afastamento	$\frac{\text{Número de acidentes com afastamento} \times 200000}{\text{horas trabalhadas}}$	Valor	$\leq 0,10$
	Taxa de gravidade	$\frac{\text{Número de dias de afastamento} \times 200000}{\text{horas trabalhadas}}$	Valor	$\leq 1,90$
	Meio ambiente – resíduos	Quantidade de resíduos emitidos / mês	Kg	-
	Meio ambiente – energia	Quantidade de energia consumida / mês	kWh	-
	Meio ambiente – água	Quantidade de água consumida no mês	litros	-
Empresa C	Meio ambiente – acidentes ambientais	Número de acidentes ambientais no mês	Número	-
	Produtividade	$\frac{\text{Número de peças produzidas}}{\text{número de pessoas na linha} / \text{tempo}}$	Peças/homem/hora	-
	Defeitos	$\frac{\text{Número de produtos com defeitos}}{\text{número de}}$	%	-

Linha (s)	Indicador	Medida	Unidade	Meta
		produtos produzido		
	Meta <i>versus</i> produzido	Número de produtos produzidos / Número de produtos planejado	%	-
	Ciclo atrasado	Número de vezes em que o ciclo de produção está atraso em relação ao planejado	Número	-
	Índice de absenteísmo	total de ausências / (total de pessoas x dias trabalhados)	%	-
	Índice de rotatividade	((entradas + saídas) / 2) / (total de funcionários)	%	-
Empresa D	Produção integralmente atendida	Produção atendida no prazo / produção total	%	-
	Assertividade de produção	(Assertividade de volume + Assertividade de prazo) / 2	%	-
	Tamanho dos lotes	Média de tamanho dos lotes	Número de produtos	-
	Mudanças	Mudanças de setups nas linhas	Número de mudanças	-
	Volume de produção	Volume de produção realizado	Número de produtos	-
	Ordens não cumpridas	Número de ordens não atendidas	Número de ordens	-
	OEE	Produtividade x Qualidade x Disponibilidade	%	-
	5S	Checklist de auditoria	%	-
	Retrabalho	Número de produtos com retrabalho / Número total de produção	%	-
	Sucata	Número de sucatas produzidas / Número total de produção	%	-

Fonte: desenvolvido pelo autor

Quadro 36 – Medidas de desempenho sugeridas.

Aspecto	Indicadores
Custo	Custos fixos Custos variáveis Giro de estoque
Qualidade	Índice de defeitos internos Índice de defeitos no cliente 5S Índice de retrabalho Índice de sucatas
Processo	Índice de Eficiência Global (OEE) Índice de absenteísmo Índice de rotatividade Produtividade Eficiência da mão de obra Índice de atendimento ao cliente Índice de agregação de valor
Meio ambiente	Acidentes ambientais Consumo de água Consumo de energia Resíduos gerados

Fonte: desenvolvido pelo autor

6.12 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O estudo de múltiplos casos foi conduzido no intuito de buscar, através de casos reais de linhas de montagem, a resposta para a questão de pesquisa do presente trabalho. O método desenvolvido para a classificação das linhas de montagem nas estratégias competitivas permitiu uma classificação objetiva através de indicadores. A classificação das vinte e três linhas obtida por meio da aplicação do método se mostrou condizente com a realidade das linhas, retratando com assertividade o tipo de estratégia competitiva aplicado para cada linha, o que facilitou as análises posteriormente apresentadas.

Para as propostas de soluções de organização e configuração das linhas foi considerada uma extensa variedade de dados qualitativos e quantitativos, o que permitiu a triangulação nas análises, a fim de se chegar às conclusões apresentadas. A quantidade e qualidade das informações obtidas também possibilitaram análises mais consistentes, e representativas da realidade das linhas estudadas.

Apesar da grande quantidade e variedade de dados coletadas, não foi possível aprofundar as discussões em todos os assuntos abordados, devido ao caráter mais abrangente e multidisciplinar desta pesquisa. Portanto, este capítulo explorou os principais aspectos dentro de cada área de decisão, com base nos dados coletados. Neste sentido foram propostas soluções para a organização e configurações das linhas de montagem, alinhadas às estratégias competitivas nas quais se inserem. Estas soluções correspondem à principal contribuição do presente trabalho, e à resposta à questão de pesquisa formulada. O resumo das propostas sugeridas a partir das análises está estruturado em um *framework* apresentado Quadro 37.

Quadro 37 – *Framework* de propostas de soluções para a organização e configuração das linhas de montagem.

Área	Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação		Enfoque
Tecnologia	<i>Throughput</i> (peças/hora)	Maior que 300	Entre 100 e 300	Menor que 100	Menor que 100
	Tipo de postos de trabalho	Automatizados	Semiautomatizados	Manuais	Manuais
	Identificação de produtos	Módulos de controle, e RFID	Módulos de controle e RFID, ou visual	Visual e sem registro	Visual e sem registro
	Controle de ritmo	Ritmada	Ritmada, postos <i>stop-and-go</i> , postos em paralelo, ou não ritmada	Não ritmada	Não ritmada
	Transporte	<i>Pallets</i> , gancheras	<i>Pallets</i> , gancheras, ou manual	Manual, carrinho	Manual, carrinhos, talha
Instalações	Número de plantas	Única planta para o mesmo tipo de produto			
	Localização geográfica	Fornecedores: Próximos às empresas focais Empresas focais: aspectos culturais, trabalhistas, incentivos governamentais			
	Nível de especialização	Modelo único	Multimodelos		Modelos mistos
Capacidade	Utilização	3 turnos Horas extras para absorver aumentos de demanda	2 a 3 turnos Linhas flexíveis para absorver variações na demanda		1 turno Diversas linhas que funcionam segundo a variação da demanda
Integração	Nível de	Alta verticalização	Média verticalização		Média a pouca

Área	Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
vertical	verticalização			verticalização
	Relacionamento com fornecedores	Programas de melhoria do processo dos fornecedores		
		Certificação dos fornecedores		
		Auditorias nos itens fornecidos		
PCP	Política de Atendimento	MTS com sistema <i>kanban</i>	MTS para maior volume ATO para menor volume	MTO para muita variedade ETO para customização total do produto
	Balanceamento	Postos fixos e variação no tempo de trabalho	Balanceamento sujeito ao <i>takt-time</i>	Sem balanceamento
	Sequenciamento	Nivelamento da produção	Nivelamento da produção e setup	Fila de pedidos
Organização	Layout	Linear seriada	Formato U	Posicional fixo
	Manutenção	Equipe dedicada a linha MPT Controle via OEE	Programa de manutenção preventiva	Programa de manutenção preventiva, quando aplicável
	Abastecimento	Supermercado próximo à linha Trem logístico com ciclos curtos	Trem logístico com ciclos médios	Comissionamento
	Padrão de trabalho	Padrão fixo de trabalho	Padrão definido conforme <i>takt-time</i>	Sem padrão definido
		Detalhes das operações e inspeções, sequencia das operações, parâmetros de processo e qualidade, recursos necessários, componentes, tempos de ciclo, <i>takt-time</i> , fotos, diagramas, desenhos.		Detalhes do produto e componentes

Área	Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
	Tempos e métodos	Cronoanálise	MTM e cronoanálise	Estimativa de tempos
Recursos humanos	Nível de Polivalência	Baixo	Médio	Alto
	Nível de qualificação	Baixo	Médio	Alto
	Ergonomia	Ginástica laboral, análise ergonômica dos postos de trabalho: análises biomecânicas, antropométricas, NIOSH, RULA (<i>Rapid Upper Limb Assesment</i>), REBA (<i>Rapid Entire Body Assessment</i>), dentre outras.		
		Rodízio em todos os postos	Rodízio nas atividades críticas	Sem rodízio
	Segurança do trabalho	Uso obrigatório de EPIs, CIPA, e SIPAT, análise dos postos de trabalho		
Novos produtos	Nível de personalização	Baixo	Médio	Alto
	Nível de modularidade	Alto	Médio	Baixo
	Ciclo de vida	Alto, mais de cinco anos	Médio, até cinco anos	Baixo, produtos únicos ou até um ano
	Engenharia simultânea e comunicação	Pouca	Muita	Muita
		Foco em engenharia. Melhoria do desempenho e redução de custos	Foco no mercado. Envolvimento de todas as áreas	Foco no cliente. Forte interação entre vendas, cliente e desenvolvimento
Qualidade	5S	Programa formal de implantação com certificação e auditorias periódicas nos postos de		

Área	Aspecto	Liderança de custo	Diferenciação	Enfoque
		trabalho		
	Mecanismo de detecção de problemas	Implantação de <i>poka-yokes</i> <i>Andons</i> nos postos críticos	<i>Poka-yokes</i> limitados <i>Andons</i> nos postos críticos	Sem mecanismos
	Monitoramento	Testes na linha Ferramentas estatísticas: CEP e seis sigma Inspeção por amostragem	Testes na linha Inspeção por amostragem	Testes em todos os produtos <i>checklist</i>
	Grupos de melhoria	CCQs, Grupos de <i>Kaizen</i> com projetos específicos, <i>Kaizen Teian</i> , encontros diários (<i>daily meeting</i>), programa de sugestões, apresentações periódicas das melhorias, eventos anuais com premiação para os melhores trabalhos.		
Medidas de desempenho	Custo	Custos fixos; Custos variáveis; Giro de estoque		
	Qualidade	Índice de defeitos internos; Índice de defeitos no cliente; 5S; Índice de retrabalho; Índice de sucatas		
	Processo	Índice de Eficiência Global (OEE); Índice de absenteísmo; Índice de rotatividade; Produtividade; Eficiência da mão de obra; Índice de atendimento ao cliente; Índice de agregação de valor		
	Ambiental	Acidentes ambientais; Consumo de água; Consumo de energia; Resíduos gerados		

Fonte: desenvolvido pelo autor

7 CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais desta pesquisa em relação à evidência de atendimento aos objetivos geral e específicos, e à proposta de trabalhos futuros originados a partir das delimitações da presente pesquisa. Também são discorridas as principais conclusões teóricas com base nos resultados das análises desenvolvidas.

A revisão bibliográfica deste trabalho foi fundamental para a identificação das lacunas que justificaram a importância e ineditismo desta pesquisa, e também para estabelecer as bases teóricas que delinearão todos os passos desenvolvidos para a execução do estudo de múltiplos casos. A presente pesquisa foi direcionada para suprir as lacunas da literatura identificadas no Capítulo 2 (resumidas no Quadro 2), referentes à carência de estudos aplicados que envolvam problemas e situações reais, com abordagem multidisciplinar e que relacionem as soluções de linhas de montagem com as estratégias das empresas. Através do estudo de múltiplos casos foi possível discutir e apresentar problemas, soluções, e e reais das empresas, dentro das dez áreas de decisão e das estratégias competitivas, o que também confere à pesquisa uma abordagem multidisciplinar.

Com relação a principal tendência de publicações no tema de linhas de montagem identificada no Capítulo 2, referente ao estudo de balanceamento de linha através de métodos de modelagem e experimentos computacionais, não foi observada a adoção de tais práticas para as linhas tomadas como unidades de análise. Através dos dados coletados nas entrevistas, observa-se que as empresas estudadas preferem a utilização da experiência dos programadores e técnicas mais simples para o balanceamento de suas linhas, como por exemplo, a utilização do *takt-time*. Esta constatação sugere que essas empresas não tem buscado a adoção de *softwares* que se utilizem de tais modelos para o balanceamento de suas linhas, o que merece uma investigação mais profunda, a fim de estudar os motivos pelos quais os modelos não tem sido adotados, e se esta é uma característica predominante nas empresas. Tal estudo se faz importante no sentido de aliar as necessidades reais da indústria com as pesquisas acadêmicas relacionadas ao tema, a fim de que as pesquisas caminhem no sentido de suprir as reais necessidades existentes nas empresas.

O Capítulo 3 versa sobre os sistemas produtivos e sobre a estratégia empresarial. Neste capítulo foram exploradas as características, classificações e evolução dos sistemas produtivos ao longo do tempo, a fim de atender às necessidades do mercado em

transformação. Em seguida apresentou-se a teoria clássica sobre estratégia empresarial, com ênfase na visão tradicional de planejamento estratégico (*top-down*), a qual serve de base teórica para esta pesquisa. Neste sentido, foram identificadas as variáveis do contexto estratégico das empresas propostas por Souza e Voss (2001), e as variáveis relacionadas às configurações das linhas de montagem, representadas pelas dez áreas de decisão da estratégia de produção propostas por Hayes, Wheelwright e Clark (1988). A identificação destas variáveis correspondem ao primeiro objetivo específico proposto para este trabalho, e serviram de embasamento para a condução do estudo de múltiplos casos.

O Capítulo 4 discute os modelos de gestão da produção, e as configurações das linhas de montagem. Através da evolução dos requisitos do mercado ao longo do tempo, foram desenvolvidos os modelos de gestão da produção, desde a produção artesanal, passando pela produção em massa, manufatura enxuta, manufatura ágil, customização em massa e *quick response manufacturing*. Em especial foi discutido o surgimento da linha de montagem no modelo de produção em massa, e a evolução de suas soluções e configurações ao longo dos modelos de gestão que se sucederam a fim de melhor atender às necessidades dos clientes. Em seguida, na literatura específica sobre as linhas de montagem, foram apresentadas alternativas de soluções dentro das áreas de decisão da estratégia de produção. Da revisão da literatura discutida, foi proposto um *framework* no Quadro 10 que relaciona as área de decisão da estratégia de produção às soluções de organização e configuração das linhas de montagem identificadas ao longo do capítulo. A proposta deste *framework* constitui o atendimento ao segundo objetivo específico da presente pesquisa, e serve de embasamento para a definição dos aspectos a serem abordados e para estruturação do conteúdo do questionário de pesquisa desenvolvido.

Nos Capítulos 5 e 6 discorreu-se sobre o estudo de múltiplos casos conduzido no intuito de desenvolver um método para a classificação das linhas de montagem, e também investigar o relacionamento entre o contexto estratégico e as configurações das linhas de montagem, referente ao terceiro e quarto objetivos específicos traçados. Inicialmente foi desenvolvido e proposto um método para a classificação das linhas de montagem nas estratégias competitivas. Através do referido método, foram classificadas as vinte e três unidades de análise nas respectivas estratégias competitivas, e então analisadas as soluções de organização em configurações das linhas em cada uma das dez áreas de decisão da estratégia de produção. Nestas análises foram

utilizados os dados qualitativos provenientes da aplicação do questionário de pesquisa, e também os dados quantitativos, correspondentes ao desempenho da linha. A triangulação destas informações possibilitou uma análise consistente para o universo das linhas estudadas, e a proposição das soluções para cada estratégia.

De uma maneira geral, na estratégia de Liderança de custo foram classificadas linhas referentes a fornecedores de primeiro nível, com produtos mais padronizados, produzidos em larga escala, e com elevados ritmos de montagem. Tais características conferem a estas linhas a necessidade de elevados investimentos em tecnologia, com automatização do processo, transporte mecânico dos produtos, linhas ritmadas e sistemas de controle e rastreabilidade. Observou-se que a utilização de operações manuais neste tipo de estratégia não é viável no longo prazo, prejudicando aspectos ergonômicos e impactando em um elevado índice de absenteísmo e rotatividade da mão de obra, além prejudicar a qualidade do produto e processo.

Além do alto investimento em automatizações para produzir grandes volumes, as linhas de Liderança de custo possuem pouca flexibilidade, com layout linear seriado. São altamente especializadas a fim de permitir as automatizações e ritmo, tendendo para linha de modelo único, devido aos grandes lotes produzidos. Para amortizar o custo de investimento e manutenção das linhas de liderança de custo, estas linhas devem operar em três turnos em sua capacidade máxima, utilizando horas extras para aumentar a produção em caso de aumento de demanda. Ainda, para reduzir custos, as empresas deste tipo de estratégia tem elevado nível de verticalização, produzindo internamente os componentes e possuindo grande parte dos processos da cadeia, a fim de ganhar em escala de produção. Com produtos mais padronizados, o elevado nível de modularidade dos componentes e elevado ciclo de vida dos produtos favorecem a verticalização das etapas produtivas.

A política de atendimento ao cliente que se mostrou mais adequada para a estratégia de Liderança de custo foi a de *make-to-stock* com a utilização de *kanban*, o que favorece o nível de entrega e aumento do giro dos estoques de produtos acabados. O sequenciamento deve prever o nivelamento da produção, para ajustar também o consumo dos componentes e abastecimento dos supermercados. No que se refere ao balanceamento, deve-se trabalhar com postos fixos operando na capacidade máxima da linha, neste sentido a manutenção dos equipamentos e máquinas ganham importância, exigindo a adoção de programas de Manutenção Produtiva total, e monitoramento via OEE. Além da manutenção, a qualidade ganha importância neste tipo de linha

automatizada, devendo-se prever a implantação de mecanismos de detecção de problemas como os *poka-yokes* e *andons*. O monitoramento da qualidade se faz importante, através de ferramentas estatísticas como o Controle Estatístico do Processo, seis sigma, e inspeções por amostragem.

Nas linhas da estratégia de Diferenciação, são predominantemente instaladas por empresas focais, que vendem os produtos para o varejo. Esta característica confere às linhas de montagem modelos de produtos variados e demandas médias, o que não permite nem requer tanta automatização. Estas linhas devem ser do tipo multimodelos, que permitem maior flexibilidade com a produção de modelos diferentes, porém em lotes. As linhas de maior ritmo desta estratégia necessitam de operações semiautomatizadas onde o operador abastece a máquina que efetua a operação. Estas linhas ainda podem adotar linhas ritmadas com postos *stop-and-go* para as operações críticas, e ainda postos em paralelo a fim de reduzir os tempos de ciclo das operações com tempos maiores que o *takt-time*. Já as linhas com maior variedade, pequenos lotes e menor ritmo devem ser manuais, para conferir a flexibilidade necessária. Nas linhas manuais o transporte do produto dentro da linha é feito pelo próprio operador.

Com postos semiautomatizados e/ou manuais, as linhas da estratégia de Diferenciação tem investimentos menores nas instalações, o que permite que seja instaladas mais linhas a fim de elevar os tempos de ciclo de montagem, e também permitir maior flexibilidade para absorver as variações das demandas dos produtos. Nestas linhas o balanceamento é feito periodicamente para ajustar o ritmo da linha às demandas do produto, com padrão de trabalho predefinidos para cada *takt-time*. O sequenciamento dos lotes de produto na estratégia de Diferenciação deve considerar, além da questão do nivelamento do consumo de componentes, o menor *setup* entre os modelos. Neste sentido *softwares* com modelos podem ser necessários, dependendo da complexidade dos produtos e variedade existente. A política de atendimento para os produtos com maiores demandas devem ser *make-to-stock* para um melhor atendimento ao cliente e giro dos estoques. E para os produtos com menores demandas propõe-se a política de *assemble-to-order* a fim de garantir o atendimento, sem, no entanto, carregar estoques com pouco giro.

Quanto ao layout das linhas de diferenciação, observou-se melhor desempenho quando adotado o layout em formato de U. Tal layout permite melhor aproveitamento do espaço físico, além de maior flexibilidade da mão de obra, que pode executar diversas operações

dentro do padrão de trabalho, além aproximar o final da linha ao início dela, facilitando ao operador iniciar novamente o ciclo de montagem sem grandes deslocamentos. Esta flexibilidade exige uma mão de obra polivalente e qualificada, capaz de executar as diferentes operações e interagir com o processo. Os tempos dessas operações são determinados via método MTM, com o estudo dos movimentos dos operadores na execução das operações, e confirmados através de cronoanálise, para correção de eventuais desvios.

Para a estratégia de Enfoque, com apenas uma linha estudada, a empresa focal vende diretamente para o cliente, sem a presença do varejista como intermediário. Assim, existe forte iteração entre a equipe de vendas, desenvolvimento, engenharia e produção. Neste ambiente o foco é total no cliente com elevada personalização e baixo índice de modularidade de componentes. Estas características conferem à linha pouco ritmo e operações predominantemente manuais, onde o operador executa as operações e transporta o produto no processo de montagem. A flexibilidade exigida destas linhas requer também o emprego de mão de obra extremamente qualificada e polivalente, capaz de executar quaisquer variações que o produto venha a ter.

As linhas de Enfoque são exclusivamente de modelos mistos, e devido ao baixo investimento em automatizações e baixa demanda, podem operar em um turno, e adotar diversas linhas semelhantes que funcionam de acordo com as elevadas variações da demanda. O layout da linha estudada é posicional fixo e o abastecimento feito através de comissionamento. A política de atendimento deve ser *make-to-order* ou *engineering-to-order*, não havendo estoques de produtos acabados. Como não existe padrão nos tempos das operações, e ritmo na montagem, não existe balanceamento na linha, e o sequenciamento é feito de acordo com a fila de entrada dos pedidos, sendo que o cliente deste tipo de produto está disposto a esperar mais para obter seu produto personalizado.

Como regra geral para as três estratégias competitivas, foi observado que ambas as empresas adotam uma única planta dentro do país para a montagem de um mesmo tipo de produto (autopeça, refrigerador, secadora, metais sanitários, ou compressores), sendo que os fornecedores de primeiro nível instalam suas plantas próximas às empresas focais, e as empresas focais adotam diversos critérios para a escolha de sua localização geográfica, como por exemplo proximidade ao mercado, aspectos culturais e trabalhistas, e incentivos governamentais.

Outro ponto comum a todas as empresas estudadas é a preocupação com a ergonomia e segurança do trabalho, sendo que ambas adotam programas de certificação ergonômica dos postos de trabalho através de técnicas específicas, ginástica laboral, equipamentos de segurança obrigatório, comissão interna de prevenção de acidentes, etc. Além das questões citadas, também foi observada uma preocupação latente de todas as empresas em envolver os colaboradores no processo de melhoria através do trabalho em equipe com grupos de CCQ, *Kaizen*, programas de melhoria, premiações de sugestões, apresentações dos trabalhos executados, e etc.

As soluções para a organização e configurações das linhas de montagem apresentadas neste capítulo resumem as propostas advindas da etapa de análise do estudo de múltiplos casos. As propostas detalhadas para cada área de decisão na respectiva estratégia competitiva, ou contexto estratégico, podem ser encontradas no *framework* proposto no Quadro 37. Este *framework* consolida todo o resultado da presente pesquisa, desde a revisão da literatura ao estudo de múltiplos casos, e constitui a principal contribuição do trabalho, além de evidenciar o atendimento ao quinto e último objetivo específico proposto.

Diante das evidências de atendimento aos objetivos geral e específicos apresentadas neste capítulo, o autor conclui que o conteúdo desta tese de doutorado se propõe a responder à questão de pesquisa formulada, que pretende esclarecer como devem ser as soluções de organização e configuração das linhas de montagem para atender às estratégias competitivas das empresas. A resposta para esta pergunta, desenvolvida ao longo do trabalho, traz uma contribuição teórica observada a partir de casos reais e práticos, e pode servir para estreitar um pouco mais a realidade empresarial da acadêmica, no que se refere ao tema de linhas de montagem.

Por fim, como a presente pesquisa tem característica exploratória, e trata-se de uma primeira abordagem sobre o relacionamento das estratégias das empresas com as soluções de organização e configuração das linhas, acredita-se que existam grandes oportunidades a serem exploradas, a partir desta tese, em pesquisas futuras. A seguir serão explicitadas algumas oportunidades sugeridas em decorrência das delimitações do trabalho apresentadas no item 1.7, a saber:

- A presente pesquisa adotou como unidades de análise linhas de montagem de diferentes tipos de produtos e empresas, a fim de aumentar o potencial de generalização das análises para outras

linhas de montagem. No entanto cada linha está inserida em um contexto ambiental próprio, e sujeita a diferentes aspectos: social, econômico, tecnológico, organizacional, trabalhista, etc. Portanto sugere-se a aplicação desta pesquisa para linhas de montagem inseridas em outras realidades, com o intuito de identificar como estas diferenças podem influenciar nos resultados obtidos.

- Considerou-se como contexto estratégico das empresas as estratégias genéricas propostas por Michel Porter (Liderança de custo, Diferenciação, e Enfoque). Portanto sugere-se para trabalhos futuros, o relacionamento das linhas de montagem com outros aspectos da teoria de estratégia empresarial.
- As análises e propostas de soluções de organização e configurações das linhas de montagem foram limitadas as dez áreas de decisão da estratégia de produção (capacidade, instalações, tecnologia, integração vertical, recursos humanos, qualidade, planejamento e controle da produção (PCP), organização, novos produtos, e medida de desempenho). No entanto sugere-se incluir em pesquisas futuras outros aspectos não abordados, como: financeiro, custos, etc.;
- Em se tratando de uma primeira e ampla abordagem sobre o tema, foram abordados apenas os principais aspectos dentro de cada área de decisão, não sendo possível um maior aprofundamento em cada área devido à generalidade da presente pesquisa. A partir disto, propõe-se trabalhos focados em cada uma das dez áreas de decisão, a fim de discutir com maior profundidade as possíveis soluções;
- Como uma primeira pesquisa exploratória e de natureza qualitativa, tomou-se para as análises o estudo de vinte e três linhas de montagem em quatro empresas. Portanto, sugere-se a execução de pesquisas de natureza quantitativa, como *surveys* empíricas, a fim de explorar um número significativo de linhas de montagem para aumentar o potencial de generalização, e até validar as soluções e conclusões propostas na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

AKGÜNDÜZ, O. S.; TUNALI, S. An adaptive genetic algorithm approach for the mixed-model assembly line sequencing problem. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 17, p. 5157-5179, 2010.

ALDERSON, W. Marketing efficiency and the principle of Postponement. In: WOOLISCROFT, B. et al (Ed.). **A Twenty-First Century Guide to Aldersonian Marketing Thought**: Springer US, 2006. p. 109-113.

ALIZON, F.; SHOOTER, S. B.; SIMPSON, T. W. Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. **Design Studies**, v. 30, n. 5, p. 588-605, 2009.

ALPAY, S. GRASP with path relinking for a multiple objective sequencing problem for a mixed-model assembly line. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 21, p. 6001-6017, 2009.

ALVAREZ, R. *et al.* Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 43, n. 9-10, p. 949-958, 2009.

AMEN, M. Heuristic methods for cost-oriented assembly line balancing: A comparison on solution quality and computing time. **International Journal of Production Economics**, v. 69, n. 3, p. 255-264, 2001.

ANDREWS, K. **O conceito de estratégia empresarial**. In: MINTZBERG, H.; QUINN, J.B. **O processo da estratégia**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BARD, J. F. Assembly line balancing with parallel workstations and dead time. **International Journal of Production Research**, v. 27, n. 6, p. 1005-1018, 1989.

BARNEY, J. B. Firm resources and sustained competitive advantage. **Journal of Management**, v.17, n.1, p.99-120, 1991.

BARTHOLDI, J. J. Balancing two-sided assembly lines: A case study. **International Journal of Production Research**, v. 31, n. 10, p. 2447-2461, 1993.

BAUDIN, M. **Lean assembly: The nuts and bolts of making assembly operations flow**. New york: Productivity Press, 2002.

BAUTISTA, J. *et al.* Local search heuristics for the assembly line balancing problem with incompatibilities between tasks, San Francisco, CA, USA. **ICRA 2000: IEEE International Conference on Robotics and Automation**. IEEE, 2000. p.2404-2409.

BAYBARS, I. A SURVEY OF EXACT ALGORITHMS FOR THE SIMPLE ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEM. **Management Science**, v. 32, n. 8, p. 909-932, 1986.

BAYKASOGLU, A.; DERELI, T. Two-sided assembly line balancing using an ant-colony-based heuristic. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 36, n. 5-6, p. 582-588, 2008.

BECKER, C.; SCHOLL, A. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, v. 168, n. 3, p. 694-715, 2006.

BEN NAYLOR, J. *et al.* Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n. 1-2, p. 107-118, 1999.

BERMAN, B. Should your firm adopt a mass customization strategy?. **Business Horizons**, v. 45, n.4, 52-60, 2002.

BERTALANFFY, L. V. **General systems theory: foundations, development, applications**. London: Allan Lane, Penguin Press, 1971.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. **Produção**, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

BI, Z.M.; ZHANG, W.J. Modularity technology in manufacturing: taxonomy and issues. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 18, p. 381-90, 2001.

BLACKBURN, J. **Time-based Competition**. Homewood: Business One Irwin, 1991.

BOLWIJN, P. T.; KUMPE, T. Manufacturing in the 1990s – Productivity, Flexibility and Innovation. **Long Range Planning**, v. 3, p. 44-57, 1990.

BOOTH, R. Agile Manufacturing. **Engineering Management Journal**, v. 6, n. 2, p. 105 – 112, 1996.

BOWRING, F. Post-Fordism and the end of work. **Futures**, v. 34, n. 2, p. 159-172, 2002.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M. A versatile algorithm for assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, v. 184, p. 39-56, 2008.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. A classification of assembly line balancing problems. **European Journal of Operational Research**, v. 183, n. 2, p. 674-693, 2007.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. Assembly line balancing: Which model to use when? **International Journal of Production Economics**, v. 111, n. 2, p. 509-528, 2008.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. Level scheduling of mixed-model assembly lines under storage constraints. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 10, p. 2669-2684, 2009a.

BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. The product rate variation problem and its relevance in real world mixed-model assembly lines. **European Journal of Operational Research**, v. 197, n. 2, p. 818-824, 2009b.

BROWNE, J.; HARHEN, J.; SHIVNAN, J. **Production Management Systems: An Integrated Perspective**. Harlow: Addison-Wesley, 1996.

BRUYUNE, P.; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. **Dinâmica da pesquisa em ciencias sociais: os pólos da prática metodológica**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.

BRYTON, B. **Balancing of a continuos production line**. Evanston, Illinois: Northwestern University, 1954. MS Thesis, Northwestern University, Evanston, Illinois, 1954.

BUKCHIN, J.; DAR-EL, E. M.; RUBINOVITZ, J. Mixed model assembly line design in a make-to-order environment. **Computers & Industrial Engineering**, v. 41, n. 4, p. 405-421, 2002.

CAGLIANO, R.; ACUR, N.; BOER, H. Patterns of change in manufacturing strategy configurations. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 7, p. 701-718, 2005.

CARNAHAN, B. J.; NORMAN, B. A.; REDFERN, M. S. Incorporating physical demand criteria into assembly line balancing. **Iie Transactions**, v. 33, n. 10, p. 875-887, 2001.

CARTER, P. L.; MELNYK, S. A.; HANDFIELD, R. B. Identifying the Basic Strategies for Time-Based Competition. **Production and Inventory Management Journal**, v. 36, n. 1, p. 65-70. 1995.

CAUCHICK, P. A. M. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.. **Metodologia científica: para uso dos estudantes universitários**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

CHASE, R. B. Survey of paced assembly lines. **Industrial Engineering**, v. 6, p. 14-18, 1974.

CHIANG, W. C. The application of a tabu search metaheuristic to the assembly line balancing problem. **Annals of Operations Research**, v. 77, p. 209-227, 1998.

CHOI, Y. C.; KIM, Y. D.; BANG, J. Y. Scheduling algorithms for an air conditioner manufacturing system composed of multiple parallel

assembly lines. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, p. 1-17, 2010.

COLLIS, D. J.; MONTGOMERY, C. A. Competing on resources: strategy in the 1990s. **Harvard Business Review**, v. 73, n. 4, p.118-128, 1995.

CORBETT, L.M.; CAMPBELL-HUNT, C. Grappling with a gusher! Manufacturing's response to business success in small and medium enterprises. **Journal of Operations Management**, v. 20, p. 495–517, 2002.

CORBETT, L. M.; WASSENHOVE, L. Trade offs? What trade offs? Competence and competitiveness in manufacturing strategy. **California Management Review**, v. 35, n. 4, p. 107-122, 1993.

CORTÉS, P.; ONIEVA, L.; GUADIX, J. Optimising and simulating the assembly line balancing problem in a motorcycle manufacturing company: A case study. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 12, p. 3637-3656, 2010.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

CROOM, S. **Topic issues and methodological concerns for operations management research**. Eden Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management. Bruxelles, 2005.

CROSBY, P. B. **Quality is free**. New York: Mc Graw Hill, 1979.

DANGAYACH, G. S.; DESMUKH, S. G. Manufacturing Strategy: Literature review and some issues. **International Journal of Operations and Production**, v. 21, n. 7, p. 884-932, 2001.

DA SILVEIRA, G.; BORENSTEIN, D.; FOGLIATTO, F. S. Mass customization: Literature review and research directions. **International Journal of Production Economics**, v. 72, n. 1, p. 1-13, 2001.

DA SILVEIRA, G.; SLACK, N. Exploring the trade-off concept. **International Journal of Operations Management**, v. 21, n. 7, p. 949-964, 2001.

DAVIS, S. M. **Future perfect**. Reading, MA: Addison Wesley, 1987.

DEMETER, K. Manufacturing strategy and competitiveness. **International Journal of Production Economics**, v. 81-82, p. 205-213, 2003.

DE TONI, A.; MENEGHETTI, A. Traditional and Innovative Paths towards Time-Based Competition. **International Journal of Production Economics**, v. 66, pp. 255-268, 2000.

DE VOR, R.; GRAVES, R.; MILLS, J. J. Agile manufacturing research: accomplishments and oportunities. **IIE Transactions**, v. 29, pp. 813-823, 1997.

DIERICKX, I. & COOL, K.. Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. **Management Science**, v. 35, p. 1504-1514, 1989.

DREXL, A.; KIMMS, A. Sequencing JIT mixed-model assembly lines under station-load and part-usage constraints. **Management Science**, v. 47, n. 3, p. 480-491, 2001.

DUGUAY, C. R.; LANDRY, S.; PASIN, F. From mass production to flexible/agile production. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 11-12, p. 1183-1195, 1997.

DUMAINE, B. How Managers Can Succeed Through Speed. **Fortune**, v.13, p. 30-35. 13 February. 1989.

EASTWOOD, M. Implementing mass customization. **Computers in Industry**, Amsterdam, v. 30, n. 3, p. 171-174, 1996.

EDEN, C.; HUXHAM, C. Pesquisa-ação no estudo das organizações. In CLEGG, S.R. et.al. (Orgs.) **Handbook de estudos organizacionais: reflexões e novas direções**, v.2. São Paulo: Atlas, 2001.

EGE, Y.; AZIZOGLU, M.; OZDEMIREL, N. E. Assembly line balancing with station paralleling. **Computers & Industrial Engineering**, v. 57, n. 4, p. 1218-1225, 2009.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case-study research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

EMDE, S.; BOYSEN, N.; SCHOLL, A. Balancing mixed-model assembly lines: A computational evaluation of objectives to smoothen workload. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 11, p. 3173-3191, 2010.

EREL, E.; GOCGUN, Y.; SABUNCUOĞLU, I. Mixed-model assembly line sequencing using beam search. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 22, p. 5265-5284, 2007.

FATTAHI, P.; SALEHI, M. Sequencing the mixed-model assembly line to minimize the total utility and idle costs with variable launching interval. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 45, n. 9-10, p. 987-998, 2009.

FAHY, J.; SMITHEE, A. Strategic Marketing and the Resource Based View of the Firm. **Academy of Marketing Science Review**. Vancouver, n. 10, 1999.

FERNANDES, N. O.; CARMO-SILVA, S. Generic POLCA-A production and materials flow control mechanism for quick response manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n. 1-2, p. 119-132, 2006.

FILIPPINI, R. Operations management research: Some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 7-8, p. 655-670, 1997.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; FLYNN, E. J.; World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's Foundation. **Journal of Operations Management**, v.17, n. 2, p. 249-269, 1999.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

FRY, T.; STEELE, D. C.; SALADIN, B. A. The role of management accounting in the development of a manufacturing strategy. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 15, n. 12, p. 21-31, 1995.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Production and Operations Management**. 8th. ed. Cincinnati, OH: South-Western College Publishing, 1999.

GALBREATH, J.; GALVIN, P. **Whice Resources Matter?** A Fine-grained Test of the Resource Based View of the Firm. Academy of Management, Ada, Best Conference Paper, 2004.

GAMBERINI, R. *et al.* A multiple single-pass heuristic algorithm solving the stochastic assembly line rebalancing problem. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 8, p. 2141-2164, 2009.

GAO, J. *et al.* An efficient approach for type II robotic assembly line balancing problems. **Computers & Industrial Engineering** [S.I.], v. 56, n. 3, p. 1065-1080, 2009.

GARVIN, D.A.: “Manufacturing strategic planning”, **California Management Review**, Summer, p. 85-105, 1993.

GHEMAWAT, P. Competition and business strategy in historical perspective. **Business History Review**, v. 76, n. 1, 2002.

GIANESI, I. G. N.; CORRÊA, H. L. **Administração Estratégica de Serviços: operações para satisfação do cliente**. São Paulo: Atlas, 1996.

GIFFI, C.; ROTH, A.; SEAL, G. M. **Competing in World Class Manufacturing: America's 21st Century Challenge**. Homewood, IL: Business One Irwin, 1990.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GILMORE, J.; PINE, J. The four faces of mass customization. **Harvard Business Review**, v. 75, n. 1, p. 91-101, 1997.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar./abr., 1995.

GONÇALVES, J. F.; DE ALMEIDA, J. R. A hybrid genetic algorithm for assembly line balancing. **Journal of Heuristics**, v. 8, n. 6, p. 629-642, 2002.

GOLDMAN, S. L.; NAGEL, R. N.; PREISS, K.; DOVE, R.: **Iacocca Institute: 21 Century Manufacturing Enterprise Strategy, An industrial Led View**, v. 1-2. Iacocca Institute, Bethlehem, PA, 1991.

GORANSON, H. T. **The Agile Virtual Enterprise - Cases, Metrics, Tools**. Westport, Connecticut, London: Quorum Books, 1999.

GRANT, R. The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. *California Management Review*, v.33, n.3, p.114-135, 1991.

GROOVER, M. P. *Automation, production systems, and computer integrated manufacturing*. Prentice-Hall, 1987.

GROOVER, M. P.; MCGAUGHEY, R.; WOLSTENCROFT, V.: **Agile manufacturing - Concepts and Framework**. In: GUNASEKARAN, A. (editor): **Agile Manufacturing: the 21st Century Competitive Strategy**, Elsevier, 2001.

GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: A framework for research and development. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n. 1-2, p. 87-105, 1999.

GUO, Z. X. *et al.* Intelligent production control decision support system for flexible assembly lines. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 3 PART 1, p. 4268-4277, 2009.

GUO, Z. X. *et al.* A genetic-algorithm-based optimization model for scheduling flexible assembly lines. **International Journal of**

Advanced Manufacturing Technology, v. 36, n. 1-2, p. 156-168, 2008.

HAQ, A. N.; RENGARAJAN, K.; JAYAPRAKASH, J. A hybrid genetic algorithm approach to mixed-model assembly line balancing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 28, n. 3-4, p. 337-341, 2006.

HART, C. Mass customization: Conceptual underpinnings, opportunities and limits. **International Journal of Service Industry Management**, v. 6, n. 2, p. 36-45, 1995.

HAYATI, D; KARAMI, E. & SLEE, B. Combining qualitative and quantitative methods in the measurement of rural poverty. **Social Indicators Research**, v.75, p.361-394, Springer, 2006.

HAYES, R. H.; PISANO, G. P.; UPTON, D. M.; WHEELWRIGHT, S. C. **Operations, Strategy and Technology, Pursuing the Competitive Edge**. New York: John Wiley & Sons, 2004.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S.C. **Restoring our competitive edge: competing through manufacturing**. New York: John Wiley, 1984.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Dynamic Manufacturing**. New York: Free Press, 1988.

HERREMANAS, IRENE M.; ISAAC, ROBERT G. The Intellectual Capital Realization Process (ICRP): An Application Of The Resource Based View Of The Firm. **Journal of Managerial Issues**. Pittsburg, v. 16, n. 2, p. 217-231, 2004.

HIGGINS, P.; LE ROY, P; TIERNEY, L. **Manufacturing Planning and Control: Beyond MRPII**. London: Chapman & Hall, 1996.

HILL, T. **Operations Management: Strategic Context and Managerial Analysis**. Great Britain: Macmillan Ltd., 2000.

HILL, T. **Manufacturing strategy**. USA: Richard D. Irwin, 1993.

HILL, C. W. Differentiation versus low cost or differentiation and low cost: a contingency *framework*. **Academic Management Review**, v. 13, n. 3, p. 401-412, 1988.

HIRSCH, B.; THOBEN, K. D.; HOHEISEL, J. Requirements upon human competencies in globally distributed manufacturing. **Computers in Industry**, v. 36, n. 1-2, p. 49-54, 1998.

HITT, M. A.; IRELAND, R. D.; HOSKINSSON, R. E. **Administração Estratégica**. São Paulo: Thonson, 2001.

HOEKSTRA, S.; ROMME, J. **Integrated Logistics Structures: Developing Customer Oriented Goods Flow**. London: McGraw-Hill, 1992.

HOUNSHELL, D. A. **From the american system to mass production 1800-1932**. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press, 1984.

HU, X. F. *et al.* A branch-and-bound algorithm to minimize the line length of a two-sided assembly line. **European Journal of Operational Research**, v. 206, n. 3, p. 703-707, 2010.

HU, X. F.; WU, E. F.; JIN, Y. A station-oriented enumerative algorithm for two-sided assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, v. 186, p. 435-440, 2008.

HUANG, G. Q. *et al.* RFID-enabled real-time Wireless Manufacturing for adaptive assembly planning and control. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 19, n. 6, p. 701-713, Dec 2008.

HUANG, G. Q.; ZHANG, Y. F.; JIANG, P. Y. RFID-based wireless manufacturing for walking-worker assembly islands with fixed-position layouts. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 23, n. 4, p. 469-477, Aug 2007.

HWANG, R.; KATAYAMA, H. A multi-decision genetic approach for workload balancing of mixed-model U-shaped assembly line systems. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 14, p. 3797-3822, 2009.

HWANG, R.; KATAYAMA, H. Uniform workload assignments for assembly line by GA-based amelioration approach. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 7, p. 1857-1871, 2010.

HWANG, R.; KATAYAMA, H.; GEN, M. U-shaped assembly line balancing problem with genetic algorithm. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 16, p. 4637-4649, 2008.

HWANG, R. K.; KATAYAMA, H.; GEN, M. U-shaped assembly line balancing problem with genetic algorithm. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 16, p. 4637-4649, 2008.

HYUN, C. J.; KIM, Y.; KIM, Y. K. A genetic algorithm for multiple objective sequencing problems in mixed model assembly lines. **Computers and Operations Research**, v. 25, n. 7-8, p. 675-690, 1998.

IWAYAMA, H. **Basic Concept of Just-in-time System**. Curitiba: mimeo, IBQP-PR, 1997.

JAVADI, B. *et al.* Solving a multi-objective mixed-model assembly line sequencing problem by a fuzzy goal programming approach. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 39, n. 9-10, p. 975-982, 2008.

JI, P.; SZE, M. T.; LEE, W. B. Genetic algorithm of determining cycle time for printed circuit board assembly lines. **European Journal of Operational Research**, v. 128, n. 1, p. 175-184, 2001.

JIN, M.; WU, S. D. A new heuristic method for mixed model assembly line balancing problem. **Computers and Industrial Engineering**, v. 44, n. 1, p. 159-169, 2003.

JIN, Z. H. *et al.* Scheduling hybrid flowshops in printed circuit board assembly lines. **Production and Operations Management**, v. 11, n. 2, p. 216-230, 2002.

JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. **Operations research in production planning, scheduling and inventory, control**. New York: John Wiley, 1974.

JOLAI, F.; REZAEI, M. J.; VAZIFEH, A. Multi-criteria decision making for assembly line balancing. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 20, n. 1, p. 113-121, 2009.

KANCHANASEVEE, P.; BISWAS, G.; KAWAMURA, K.; TAMURA, S. **Contract-net based scheduling for holonic manufacturing systems**, Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering, p. 108-115, 1999.

KARA, Y.; PAKSOY, T.; CHANG, C. T. Binary fuzzy goal programming approach to single model straight and U-shaped assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 2, p. 335-347, 2009.

KATHURIA, R. Competitive priorities and managerial performance: a taxonomy of small manufacturers. **Journal of Operations Management**, v. 18, p. 627-641, 2000.

KILINCCI, O.; BAYHAN, G. M. A P-invariant-based algorithm for simple assembly line balancing problem of type-1. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 37, n. 3-4, p. 400-409, 2008.

KIM, Y. K.; KIM, Y. H.; KIM, Y. J. Two-sided assembly line balancing: a genetic algorithm approach. **Production Planning & Control**, v. 11, n. 1, p. 44-53, 2000.

KIM, Y. K.; KIM, Y. J.; KIM, Y. Genetic algorithms for assembly line balancing with various objectives. **Computers and Industrial Engineering**, v. 30, n. 3 SPEC. ISS., p. 397-409, 1996.

KIM, Y. K.; SONG, W. S.; KIM, J. H. A mathematical model and a genetic algorithm for two-sided assembly line balancing. **Computers & Operations Research**, v. 36, n. 3, p. 853-865, 2009.

KING, W. IT-enhanced productivity and profitability. **Information Systems Management**, v. 15, n. 3, p. 70-72, 1998.

KLAMPFL, E.; GUSIKHIN, O.; ROSSI, G. Optimization of workcell layouts in a mixed-model assembly line environment. **International**

Journal of Flexible Manufacturing Systems, v. 17, n. 4, p. 277-299, 2005.

KORKMAZEL, T.; MERAL, S. Bicriteria sequencing methods for the mixed-model assembly line in just-in-time production systems. **European Journal of Operational Research**, v. 131, n. 1, p. 188-207, 2001.

KOTHA, S. Mass customization: Implementing the emerging paradigm for competitive advantage. **Strategic Management Journal**, v. 16, 1995.

KOULOURIOTIS, D. E. *et al.* Simulation optimisation of pull control policies for serial manufacturing lines and assembly manufacturing systems using genetic algorithms. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 10, p. 2887-2912, 2010.

KOULOURIOTIS, D. E.; XANTHOPOULOS, A. S.; TOURASSIS, V. D. Simulation optimisation of pull control policies for serial manufacturing lines and assembly manufacturing systems using genetic algorithms. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 10, p. 2887-2912, 2010.

KRAATZ, M. S.; ZAJAC, E. How Organizational Resources Affect Strategic Change and Performance in Turbulent Environments: Theory and Evidence. **Organization Science**, Providence, v. 12, n. 5, 632-658, 2001.

KUBIAK, W.; SETHI, S. Note on 'level schedules for mixed-model assembly lines in just-in-time production systems'. **Management Science**, v. 37, n. 1, p. 121-122, 1991.

KURASHIGE, K. *et al.* Time-based goal chasing method for mixed-model assembly line problem with multiple work stations. **Production Planning & Control**, v. 13, n. 8, p. 735-745, 2002.

LADO, A. A. *et al.* Paradox and Theorizing Within the Resource Based View. **Academy of Management Review**, Ada, v. 31, n. 1, p. 115-131, 2006.

LAKATOS, E.; M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 2. ed. São Paulo: 1995.

LAMPEL, J.; MINTZBERG, H. Customizing customization. **Sloan Management Review**, v. 38, n. 1, p. 21-30, 1996.

LEE, T. O.; KIM, Y.; KIM, Y. K. Two-sided assembly line balancing to maximize work relatedness and slackness. **Computers & Industrial Engineering**, v. 40, n. 3, p. 273-292, 2001.

LEONG, G. K.; SNYDER, D.L.; WARD, P.T. Research in the process and contend of manufacturing strategy. **OMEGA International Journal of Management Science**, v. 18, n. 2, p. 109-122, 1990.

LEU, Y. Y.; MATHESON, L. A.; REES, L. P. Assembly-line balancing using genetic algorithms with heuristic-generated initial populations and multiple evaluation criteria. **Decision Sciences**, v. 25, n. 4, p. 581-606, 1994.

LEVITIN, G.; RUBINOVITZ, J.; SHNITS, B. A genetic algorithm for robotic assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, v. 168, n. 3, p. 811-825, 2006.

LIN, L.; DRURY, C. G.; KIM, S. W. Ergonomics and quality in paced assembly lines. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**, v. 11, n. 4, p. 377-382, 2001.

LUCERTINI, M.; PACCEARELLI, D.; PACIFI, A. Modeling an assembly line for configuration and flow management. **Computer Integrated Manufacturing Systems**, v. 11, p. 15-24, 1998.

LUSA, A. A survey of the literature on the multiple or parallel assembly line balancing problem. **European Journal of Industrial Engineering**, v. 2, n. 1, p. 50-72, 2008.

MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F. A Multidimensional Classification of Production Systems for the Design and Selection of Production Planning and Control Systems. **Production Planning & Control**, v.11, n. 5, p. 481-496, 2001.

MAHDAVI, I. *et al.* A two-phase linear programming methodology for fuzzy multi-objective mixed-model assembly line problem. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 44, n. 9-10, p. 1010-1023, 2009.

MANSOURI, S. A. A Multi-Objective Genetic Algorithm for mixed-model sequencing on JIT assembly lines. **European Journal of Operational Research**, v. 167, n. 3, p. 696-716, 2005.

MARTIN, X.; MITCHELL, W.; SWAMINATHAN, A. Beyond mass-production - the japanese system and its transfer to United States. **Academy of Management Review**, v. 19, n. 3, p. 600-604, 1994.

MATHER, H. **How to Profitably Delight your Customers**. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 1999.

MEREDITH, J. Automating the factory. **International Journal of Production Research**, v. 25, n. 10, p. 1493-1510, 1987.

MEYERS, F. **Motion and Time Study for Lean Manufacturing**. EUA, Upper Saddle River: Prentice Hall, 2a ed., 1999.

MILLER, S. S. Make your plant manager's job manageable. **Harvard Business Review**, v. 61, n. 1, p. 69-74, 1983.

MINAYO, M. C.; SANCHES, O. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade? **Caderno de Saúde Pública**, v. 9, n. 3, p. 239-262, 1993.

MCMULLEN, P. R. JIT sequencing for mixed-model assembly lines with setups using Tabu Search. **Production Planning and Control**, v. 9, n. 5, p. 504-510, 1998.

MCMULLEN, P. R.; FRAZIER, G. V. Using simulated annealing to solve a multiobjective assembly line balancing problem with parallel workstations. **International Journal of Production Research**, v. 36, n. 10, p. 2717-2741, 1998.

MONDEN, Y. **Toyota Production Systems**. Norcross, GA: Industrial Engineering & Management Press, 1983.

MONTANO, A. *et al.* Performance of serial assembly line designs under unequal operator speeds and learning. **International Journal of Production Research**, v. 45, p. 5355-5381, 2007.

MOON, I.; LOGENDRAN, R.; LEE, J. Integrated assembly line balancing with resource restrictions. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 19, p. 5525-5541, 2009.

MORAES NETO, B. R. Fordismo e Ohnismo: Trabalho e Tecnologia na Produção em Massa. **Estudos Economicos**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 317-349, abr-jun, 1998.

MOREIRA, D. A. *Administração da Produção e Operações*. 3. Ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

NASSIF, V. M. J.; HANASHIRO, D. M. M. A Competitividade das Universidades Particulares a Luz de Uma Visão Baseada em Recursos. *Revista de Administração Mackenzie*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 95-114, 2003.

NEARCHOU, A. C. Multi-objective balancing of assembly lines by population heuristics. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 8, p. 2275-2297, 2008.

NELSON, R.R.; WINTER, S.G. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Belknap Press, 1982. In: Peteraf, Margaret A., The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view. **Strategic Management Journal**, v.14, p.179-191, 1993.

NEW, C. World-Class Manufacturing versus Strategic trade offs. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 12, n. 6, p. 19-31, 1992.

MORGAN, G. **Images of Organization**. London: Sage, 1986.

OHMAE, K. Voltando à estratégia. In: MONTGOMERY, C. A.; PORTER, M. E. **Estratégia: a busca da vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

OHNO, T. **The Toyota Production System Beyond Large Scale Production**. Portland, Oregon: Productivity Press, 1988.

ÖZCAN, U. Balancing stochastic two-sided assembly lines: A chance-constrained, piecewise-linear, mixed integer program and a simulated annealing algorithm. **European Journal of Operational Research**, v. 205, n. 1, p. 81-97, 2010.

ÖZCAN, U. Balancing stochastic two-sided assembly lines: A chance-constrained, piecewise-linear, mixed integer program and a simulated annealing algorithm. **European Journal of Operational Research**, v. 205, n. 1, p. 81-97, 2010.

ÖZCAN, U. *et al.* Balancing and sequencing of parallel mixed-model assembly lines. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 17, p. 5089-5113, 2010.

ÖZCAN, U.; GÖKCEN, H.; TOKLU, B. Balancing parallel two-sided assembly lines. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 16, p. 4767-4784, 2010.

OZCAN, U.; TOKLU, B. Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A goal programming and a fuzzy goal programming models. **Computers & Operations Research**, v. 36, n. 6, p. 1955-1965, 2009a.

OZCAN, U.; TOKLU, B. A tabu search algorithm for two-sided assembly line balancing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 43, n. 7-8, p. 822-829, 2009b.

ÖZCAN, U.; TOKLU, B. A new hybrid improvement heuristic approach to simple straight and U-type assembly line balancing problems. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 20, n. 1, p. 123-136, 2009.

PAIVA, E.; CARVALHO, L.; FENSTERSEIFER, J. **Estratégia de produção e de operações**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

PARK, K. H.; DE BONIS, D. F.; ABUD, M. R. **Introdução ao Estudo da Administração**. São Paulo: Pioneira, 1997.

PASTOR, R. *et al.* Tabu search algorithms for an industrial multi-product and multi-objective assembly line balancing problem, with

reduction of the task dispersion. **Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n. 12, p. 1317-1323, 2002.

PATTON, M. **Qualitative research and evaluation methods**. Londres, Thousand Oaks: Sage Publications, 2002.

PEETERS, M.; DEGRAEVE, Z. An linear programming based lower bound for the simple assembly line balancing problem. **European Journal of Operational Research**, v. 168, n. 3, p. 716-731, 2006.

PENROSE, E. T. **The theory of the growth of the firm**. New York: Wiley, 1959.

PERSSON, G. Towards a production management theory: II. A tentative conceptual *framework* for the study of Production Management Systems. In WILD, R. (editor): **Management and Production Readings**, p. 24-37. England: Penguin Books Ltd., 1981.

PETERAF, M. A. The cornerstones of competitive advantage: a resource based view. **Strategic Management Journal**, v. 14, p.179-191, 1993.

PINE, B. J. **Mass Customization: The Frontier in Business Competition**. Boston, Massachussets: Harvard Business School Press, 1993.

PINE, B. J.; VICTOR, B.; BOYTON, A. **Making mass customization work**. Boston, Massachussets: Harvard Business School Press, 1993.

PINTO, P. A.; DANNENBRING, D. G.; KHUMAWALA, B. M. Branch and bound and heuristic procedures for assembly line balancing with paralleling of stations. **International Journal of Production Research**, v. 19, n. 5, p. 565-576, 1981.

PIORE, M. J.; SABEL, C. F. **The second industrial divide: Possibilities for prosperity**. New York, NY: Basic Books, 1984.

PLATTS, K.; GREGORY, M. Manufacturing audit in the process of strategy formulation. **International Journal of Operations and Production Management**, v.10, n. 9, p. 5-26, 1990.

PLOSSL, G. W. **Administração da Produção**: como as empresas podem aperfeiçoar as operações a fim de competirem globalmente. São Paulo: Makron Books, 1993.

PONNAMBALAM, S. G.; ARAVINDAN, P.; NAIDU, G. M. A multi-objective genetic algorithm for solving assembly line balancing problem. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 16, n. 5, p. 341-352, 2000.

PONNAMBALAM, S. G.; ARAVINDAN, P.; SUBBA RAO, M. Genetic algorithms for sequencing problems in mixed model assembly lines. **Computers and Industrial Engineering**, v. 45, n. 4, p. 669-690, 2003.

PORTER, M. E. **Da vantagem competitiva à estratégia corporativa**. In: PORTER, M.E. **Competição**: estratégias competitivas essenciais. Rio de Janeiro: Campus, 1999. p.126-164.

PORTER, M. E. **Competitive advantage**. New York: The Free Press, 1985.

PORTER, M. E. **Competitive strategy**: techniques for analysing industries and competitors. New York : FreePress, 1980.

PRAHALAD, C.K.; HAMEL, G. **A competência essencial da corporação**. In: MONTGOMERY, C.A.; PORTER, M.E. *Estratégia*: a busca da vantagem competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

PRIEM, R. L.; BUTLER, J. E. Is the Resouce-Based View a Useful Perspective for Strategic Management Research? **Academy of Management Review**, Ada, v. 26, n. 1, 2001.

RABBANI, M.; RAHIMI-VAHED, A.; TORABI, S. A. Real options approach for a mixed-model assembly line sequencing problem. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 37, n. 11-12, p. 1209-1219, 2008.

RAHIMI-VAHED, A.; MIRZAEI, A. H. A hybrid multi-objective shuffled frog-leaping algorithm for a mixed-model assembly line sequencing problem. **Computers & Industrial Engineering**, v. 53, p. 642-666, 2007.

REED, R.; DEFILLIPPI, R. J. Causal ambiguity, barriers to imitation and sustainable competitive advantage. **Academy of Management Review**, v.15, p.88-102, 1990.

REKIEK, B.; DE LIT, P.; DELCHAMBRE, A. Designing mixed-product assembly lines. **Ieee Transactions on Robotics and Automation**, v. 16, n. 3, p. 268-280, 2000.

REKIEK, B. *et al.* State of art of optimization methods for assembly line design. **Annual Reviews in Control**, v. 26 II, p. 163-174, 2002.

_____; DELCHAMBRE, A.; DOLGUI, A.; BRACU, A. **Assembly line design**: A survey. 15th Triennial World Congress, Barcelona, Spain. 2002.

ROSS, A. Selling uniqueness. **Manufacturing Engineer**, v. 75, n. 6, p. 260-263, 1990.

RUBINOVITZ, J.; LEVITIN, G. Genetic algorithm for assembly line balancing. **International Journal of Production Economics**, v. 41, n. 1-3, p. 343-354, 1995.

SABUNCUOGLU, I.; EREL, E.; ALP, A. Ant colony optimization for the single model U-type assembly line balancing problem. **International Journal of Production Economics**, v. 120, n. 2, p. 287-300, 2009.

SABUNCUOGLU, I.; EREL, E.; TANYER, M. Assembly line balancing using genetic algorithms. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 11, n. 3, p. 295-310, 2000.

SABUNCUOGLU, I.; GOCGUN, Y.; EREL, E. Backtracking and exchange of information: Methods to enhance a beam search algorithm for assembly line scheduling. **European Journal of Operational Research**, v. 186, n. 3, p. 915-930, 2008.

SACKETT, P. J.; MAXWELL, D. J.; LOWENTHAL, P. A. Customizing manufacturing strategy. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 8, n. 6, p. 359-364, 1997.

SALVESON, M. E. The assembly line balancing problem. **Journal of Industrial Engineering**, v. 6, p. 18-25, 1955.

SCHAENZER, Brian. The Crunch – Time-Based competition means moving beyond price and quality. **Metal Technology Quarterly**, v. 4A, 2000.

SCHOLL, A.; BECKER, C. State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing. **European Journal of Operational Research**, v. 168, n. 3, p. 666-693, 2006.

SCHOLL, A.; FLIEDNER, M.; BOYSEN, N. Absalom: Balancing assembly lines with assignment restrictions. **European Journal of Operational Research**, v. 200, n. 3, p. 688-701, 2010.

SCHONBERGER, R. J. **Building a Chain of Customers: Linking Business Functions to Create the World Class Company**. New York: Free Press, 1990.

SCHONBERGER, R. J. **World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied**. New York: Free Press, 1986.

SCHÖNIGER, J.; SPINGLER, J. Planung der montageanlage. **Technica**, v. 14, p. 27-32, 1989.

SELLADURAI, R. S. Mass customization in operations management: oxymoron or reality? **Omega**, v. 32, n. 4, p. 295-300, 2004.

SELZNICK, P. **Leadership in Administration: A Sociological Perspective**. New York: Harper & Row, 1957.

SEMLER, S. W. Systematic agreement: a theory of organizational alignment. **Human Resource Development Quarterly**, v. 8, n. 1, p. 23-40, 1997.

SHAFFER, S. M.; NEMBHARD, D. A.; UZUMERI, M. V. The effects of worker learning, forgetting, and heterogeneity on assembly line productivity. **Management Science**, v. 47, n. 12, p. 1639-1653, 2001.

SHOOK, Y: “**Bringing the Toyota Production System to the United States: A Personal Perspective**”, in LIKER, J. (org.): *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. EUA, Portland: Productivity, 1998.

SHTUB, A.; DAR-EL, E.M. A methodology for the selection of assembly systems. **International Journal of Production Research**, v. 27, p. 175–186, 1989.

SIMARIA, A. S.; VILARINHO, P. M. A genetic algorithm based approach to the mixed-model assembly line balancing problem of type II. **Computers & Industrial Engineering**, v. 47, n. 4, p. 391-407, 2004.

SIMARIA, A. S.; ZANELLA DE SÁ, M.; VILARINHO, P. M. Meeting demand variation using flexible U-shaped assembly lines. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 14, p. 3937-3955, 2009.

SIPPER, D.; BULFIN JR., R. L. **Production planning, control, and integration**. New York: McGraw-Hill, 1997.

SKINNER, W. Manufacturing-Missing Link in Corporate Strategy. **Harvard Business Review**, v. 47, n. 3, 1969.

SKINNER, W. The focused factory. **Harvard Business Review**, v. 52, n. 3, p. 113-121, 1974.

SKINNER, W. **Manufacturing in the corporate strategy**. New York: Wiley, 1978.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; BETTS, A. **Gerenciamento de operações e de processos – princípios e prática de impacto estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMITH, T. M.; REECE, J. S. The relationship of strategy, fit, productivity, and business performance in a services setting. **Journal of Operations Management**, p. 145–161, 1999.

SOUZA, R. **Case research in operations management**. Ecen Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management. Bruxelas, 2005.

SOUZA, R.; VOSS, C. Quality management: universal or context dependent? **Production and Operations Management**, v. 10, n. 4, p. 383-404, 2001.

SPEARMAN, M. L.; WOODRUFF, D. L.; HOPP, W. J. CONWIP: A pull alternative to kanban. **Internaional Journal of Production Research**, v. 28, n. 5, p. 879–894, 1990.

SPIRA, J. Mass customization through training at Lutron Electronics. **Computers in Industry**, v. 30, n. 3, p. 171-174, 1996.

STALK, George JR. Time: the next source of competitive advantage. **Harvard Business Review**, v. 66, n. 4, p. 41-51, 1988.

STALK, George JR; HOUT, T. M. **Competing against time**: how time-based competition is reshaping global markets. New York: Free Press, 1990.

STEPANOVICH, P. L.; MUELLER, J. D. Mapping strategic consensus. **Journal of Business and Management**, v. 8, n. 2, p.147-160, 2002.

STUMP, B.; BADURDEEN F. Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: A Case Study. **Journal of Intelligent Manufacturing**, April, 2009. DOI: 10.1007/s10845-009-0289-3.

SU, J. C. P.; CHANG, Y.-L.; FERGUSON, M. Evaluation of postponement structures to accommodate mass customization. **Journal of Operations Management**, v. 23, n. 3-4, p. 305-318, 2005.

SÜER, G. A. Designing parallel assembly lines. **Computers & Industrial Engineering**, v. 35, n. 3-4, p. 467-470, 1998.

SUMICHRAS, R. T.; RUSSELL, R. S. Evaluating mixed-model assembly line sequencing heuristics for just-in-time production systems. **Journal of Operations Management**, v. 9, n. 3, p. 371-390, 1990.

SUMICHRASST, R. T.; RUSSELL, R. S.; TAYLOR III, B. W. Comparative analysis of sequencing procedures for mixed-model assembly lines in a just-in-time production system. **International Journal of Production Research**, v. 30, n. 1, p. 199-214, 1992.

SURESH, G.; VINOD, V. V.; SAHU, S. A genetic algorithm for assembly line balancing. **Production Planning and Control**, v. 7, n. 1, p. 38-46, 1996.

SURI, R. Quick response manufacturing: A competitive strategy for the 21st century. **Advanced Manufacturing**. Retrieved September 12, 2005.

SURI, R. *Quick Response Manufacturing*: a companywide approach to reducing lead times. New York: Productivity Press, 1998.

SWAMIDASS, P. M.; NEWELL, W. T. Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model. **Management Science**, v. 33, n.4, p.509-524, 1987.

TASAN, S. O.; TUNALI, S. A review of the current applications of genetic algorithms in assembly line balancing. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 19, n. 1, p. 49-69, 2008.

TAYLOR, F.W. **The Principles of Scientific Management**. New York/London: Harper & Brothers Publishers, 1911.

TEMPELMEIER, H. Practical considerations in the optimization of flow production systems. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. 1, p. 149–170, 2003.

TOKSARI, M. D. *et al.* Assembly line balancing problem with deterioration tasks and learning effect. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 2, p. 1223-1228, 2010.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

TSENG, H. E.; TANG, C. E. A sequential consideration for assembly sequence planning and assembly line balancing using the connector

concept. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 1, p. 97-116, 2006.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

TUROWSKI K. A virtual electronic call center solution for mass customization, **Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences**, p. 152-164, 1999.

UDDIN, M. K.; SOTO, M. C.; LASTRA, J. L. M. An integrated approach to mixed-model assembly line balancing and sequencing. **Assembly Automation**, v. 30, n. 2, p. 164-172, 2010.

ULRICH, K.; TUNG, K. Fundamentals of product modularity. **Issues in Design Manufacture/Integration**, v. 39, p. 73-79, 1991.

VENKATESH, J. V. L.; DABADE, B. M. Evaluation of performance measures for representing operational objectives of a mixed model assembly line balancing problem. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 22, p. 6367-6388, 2008.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

WANG, J.; LUO, Z.; WONG, E. C. RFID-enabled tracking in flexible assembly line. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 46, n. 1-4, p. 351-360, 2010.

WANG, J. H.; LUO, Z. W.; WONG, E. C. RFID-enabled tracking in flexible assembly line. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 46, n. 1-4, p. 351-360, 2010.

WARD, P. T.; DURAY, R. Manufacturing Strategy in Context: Environment, competitive strategy and manufacturing strategy. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 2, p. 123-138, 2000.

WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. **Strategic Management Journal**, v. 5, n. 2, p.171-180, 1984.

WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 15, n. 12, p. 6-20, 1995.

WHEELWRIGHT, S. C. Manufacturing strategy: defining the missing link. **Strategic Management Journal**, v. 5, n. 1, p. 77-91, 1984.

WILD, R. **Mass-production management - The design and operation of production flow-line systems**. London: Wiley, 1972.

WILKNER, J.; RUDBERG, M. Integrating production and engineering perspectives on the customer order decoupling point. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 7, p. 623-641, 2005.

WILLIS, Hillman T. Operational Competitive Requirements for the Twenty-First Century. **Industrial Management & Data Systems**, v. 2, p. 83-86, 1998.

WINCH, J. K.; CAI, X.; VAIRAKTARAKIS, G. L. Cyclic job scheduling in paced assembly lines with cross-trained workers. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 4, p. 803-828, 2007.

WOMACK J.; JONES D.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**, New York: Macmillan, 1990.

WONG, W. K.; MOK, P. Y.; LEUNG, S. Y. S. Developing a genetic optimisation approach to balance an apparel assembly line. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 28, n. 3-4, p. 387-394, 2006.

WORTMANN, J. C.; MUNSTLAG, D. R.; TIMMERMANS, P. J. M. *Customer-Driven Manufacturing*. London: Chapman & Hall, 1997.

WU, E. F. *et al.* A branch-and-bound algorithm for two-sided assembly line balancing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 39, n. 9-10, p. 1009-1015, 2008.

WU, Y.; JI, P. A scheduling problem for PCB assembly: A case with multiple lines. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 43, n. 11-12, p. 1189-1201, 2009.

XIAOBO, Z.; OHNO, K. Algorithms for sequencing mixed models on an assembly line in a JIT production system. **Computers and Industrial Engineering**, v. 32, n. 1, p. 47-56, 1997.

XIAOFENG, H. *et al.* A branch-and-bound algorithm to minimize the line length of a two-sided assembly line. **European Journal of Operational Research**, v. 206, n. 3, p. 703-707, 2010.

YEH, D. H.; KAO, H. H. A new bidirectional heuristic for the assembly line balancing problem. **Computers & Industrial Engineering**, v. 57, n. 4, p. 1155-1160, 2009.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

YUSUF, Y. Y.; SARHADI, M.; GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing:: The drivers, concepts and attributes. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n. 1-2, p. 33-43, 1999.

ZACARELLI, Sérgio Baptista. **Programação e Controle da Produção**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1979.

ZACHARIA, P. T.; NEARCHOU, A. C. Multi-objective fuzzy assembly line balancing using genetic algorithms. **Journal of Intelligent Manufacturing**, p. 1-13, 2010.

ZERAMDINI, W.; AIGBEDO, H.; MONDEN, Y. Bicriteria sequencing for just-in-time mixed-model assembly lines. **International Journal of Production Research**, v. 38, n. 15, p. 3451-3470, 2000.

ZHANG, W.; GEN, M. An efficient multiobjective genetic algorithm for mixed-model assembly line balancing problem considering demand ratio-based cycle time. **Journal of Intelligent Manufacturing**, p. 1-12, 2009.

ZHAO, X.; OHNO, K.; LAU, H. S. A balancing problem for mixed model assembly lines with a paced moving conveyor. **Naval Research Logistics**, v. 51, n. 3, p. 446-464, 2004.

APÊNDICE A – Questionário de pesquisa

Parte I – Identificação da empresa e caracterização da linha de montagem

1. Identificação da empresa	
Razão social	
Localização/País/estado/cidade	
Ano de fundação	
Número de funcionários	
Número de unidades produtivas	
Setor/tipo de indústria	

2. Caracterização da linha de montagem		
Nível de customização dos produtos	(características customizáveis/produto)	
Volume de produção	(unidades/dia ; unidades/ano)	
Taxa de introdução de novos produtos	(novos produtos/tempo)	
Variedade interna de itens	(número de modelos produzidos/linha)	
Tamanho dos lotes de produção	(unidades/lote)	
Tempo de ciclo	(s/unidade)	

Liderança de custo / produtos padronizados**Diferenciação / produtos diferenciados****Enfoque / produtos customizados**

Parte II – Configurações da linha de montagem			
1. Áreas de decisão estruturais			
1.1. Tecnologia			
1.1.1.	Nível de automatização	Que tipos de recursos utiliza? (linhas manuais; linhas automatizadas; linhas robóticas; máquinas dedicadas; máquinas multifuncionais) - N. total de postos - N. postos mecanizados - N. postos manuais	
1.1.2.	Identificação de partes e produtos	(Visual sem registro; RFID; leitor de códigos de barra, etc.)	
1.1.3.	Controle do ritmo	Como é o ritmo de trabalho na linha (ritmada; não ritmada assíncrona; não ritmada síncrona) Como é definido o ritmo da linha?	
1.1.4.	Transporte das unidades	Como é feito o transporte das unidades dentro da linha (manual; correias mecânicas; carrinhos; gancheiras)	
1.2. Instalações			
1.2.2.	Localização geográfica	- Quem são os clientes? São os consumidores finais/revendas? - Onde está o mercado consumidor? A empresa trabalha com centros de distribuição? - Onde estão os fornecedores?	

1.2.3.	Número de modelos	Quais variedades de produtos a linha produz? - Um único modelo; - Vários modelos produzidos em lotes; - Diversos modelos produzidos intercaladamente (lote unitário ou pequeno)	N. de modelos/variedades
1.3. Capacidade			
1.3.1.	Capacidade total instalada de produção	Qual a capacidade total de produção? A linha opera na capacidade total? Por quê? - Número de turnos - tempo / turno	
1.4. Integração Vertical			
1.4.1.	Itens produzidos internamente	O que é produzido internamente na empresa? Por quê? (componentes, sistemas, serviços)	N. Itens produzidos internamente/N. Total de itens
1.4.2.	Itens fornecidos de terceiros	O que é fornecido por terceiros? Por quê? (componentes, sistemas, serviços)	N. Itens produzidos externamente/N. Total de itens
1.4.3.	Relacionamento com fornecedores	Como é o relacionamento com terceiros? Existe parceria? Incluso para desenvolvimento de produtos? Incentiva concorrência? Existe certificação? Trabalha no JIT, ou contra estoque?	
2. Áreas de decisão infraestruturais			
2.1. Planejamento Programação e Controle da Produção			

2.1.1.	Política de atendimento	Como atende a seus clientes? - Make to stock (MTS), - Assembly to order (ATO), - Make to order (MTO), - Engineering to order (ETO)	
2.1.2.	Balanceamento da linha	Como é feito o balanceamento da linha? - Qualitativo (líder/pcp) - Simulação - Métodos heurísticos; - Programação linear; - Métodos de otimização; (softwares e ferramentas de apoio, frequência, etc.) - usa <i>takt-time</i> ? Operadores polivalentes?	
2.1.3.	Sequenciamento da produção	Como é feito o balanceamento da linha? - Qualitativo (líder/pcp) - Simulação - Métodos heurísticos; - Programação linear; - Métodos de otimização; (softwares e ferramentas de apoio, frequência, etc.) - Utiliza software? Qual?	
2.1.4.	Programação	Como é a programação da produção? - Empurrada - Puxada - Híbrida	
2.1.5.	Estoques intermediários (Buffers ou WIP)	Existem estoques intermediários? Onde estão alocados? Como são dimensionados? (relação produto/homem)	

2.1.6.	Características de demanda	Como se comporta a demanda destes produtos? - Estável - Variável - Sazonal	
2.2. Organização			
2.2.1.	Layout	Como é o layout da linha? Por quê? - Serial (ou reta); - U ou serpentina; - Linhas paralelas; - Estações paralelas; - Tarefas paralelas; - Linha de dois lados	
2.2.2.	Manutenção	Existe um programa formal? Como é feita a manutenção? Existe um controle de eficiência? Como está?	
2.2.3.	Abastecimento (partes e componentes)	Como é feito o abastecimento? Quem é responsável? Com que frequência? Como é dimensionado?	
2.2.4.	Padrão de trabalho	Existem Rotinas de Operação Padrão? Que informações têm? Estão dispostas para os operadores? Quando são atualizadas?	
2.2.5	Tempos e métodos	Como são estimados os tempos das atividades? Existe controle? Quando são reavaliados?	
2.3. Recursos Humanos			
2.3.1.	Polivalência ou Multifuncionalidade	Os operadores são multifuncionais? Exercem diferentes funções na linha? Existe um programa de treinamento para polivalência?	N. Funcionários polivalentes / N. total de funcionários

2.3.2.	Qualificação	Como é a qualificação dos operadores? Qual o grau de instrução que eles têm? Existem incentivos para melhoria do conhecimento?	
2.3.3.	Ergonomia	Existe preocupação com a ergonomia no processo? (cargas/dimensionamento do posto de trabalho/condições ambientais/ginástica laboral/ intervalos/rodízio de tarefas)	Quanto em quanto tempo existe rodízio de tarefas
2.3.4.	Motivação	Os montadores são motivados? Existe muita rotatividade?	Índice de absenteísmo
2.3.5.	Capacitação	Existem programas de capacitação dos operadores? Como é feito? Quais os principais objetivos?	
2.3.6.	Segurança	Existe preocupação com a segurança dos operadores? Uso de equipamentos de segurança? Programas de melhoria?	
2.4 Novos Produtos			
2.4.1.	Personalização	Como são os produtos? - Padronizados/ produzidos em grandes lotes - Diferenciados/produzidos em lotes médios - Customizados/produzidos em lotes pequenos ou individuais	
2.4.2.	Modularidade	Existem intercambiabilidade de peças e componentes? Quanto (%)?	
2.4.3.	Engenharia simultânea	Todos os setores participam do processo de desenvolvimento? Terceiros participam? Quanto tempo para desenvolvimento?	
2.4.4.	Características dos produtos	- tamanho - complexidade - número de componentes - etc	

2.4.5.	Ciclo de vida dos produtos	Quanto tempo os produtos ficam ativos? Existe substituição de produtos?	
2.4.6.	Comunicação	Existe uma boa comunicação entre os diversos setores? Existe software de apoio? Qual? Como é formada a equipe de desenvolvimento?	
2.5. Qualidade			
2.5.1.	5S	Existe um programa de 5S? Como funciona?	
2.5.2.	Deteção de problemas	Existem mecanismos para detecção e correção de problemas? Quais são os procedimentos? (poka-yoke, andon, etc.)	
2.5.3.	Monitoramento	Como é feito o monitoramento da qualidade dos produtos? - Inspeção - Amostragem - CEP - Existe certificação	
2.5.4.	Grupos de melhoria	Existem grupos de melhoria no processo? Como trabalham? Existe incentivo?(CCQ, Kaizen, etc.)	
2.6. Medidas de desempenho			
2.6.1.	Indicadores utilizados	Quais indicadores são utilizados? Como são monitorados?	

Fonte: desenvolvido pelo autor

APÊNDICE B – Carta de Apresentação à empresa

Prezado(a) Sr(a),

esta pesquisa tem por objetivo identificar se as estratégias competitivas das empresas influenciam nas configurações das linhas de montagens, e explicar como isto acontece na prática. O responsável por este trabalho é o pesquisador Msc. Glauco G. M. P. da Silva, doutorando da Universidade Federal de Santa Catarina.

Como principais resultados desta pesquisa espera-se obter um estudo amplo e completo sobre linhas de montagem, com base em casos e exemplos reais, que sirva como direcionamento para o projeto, implantação, e melhoria dos sistemas de montagem, o que caracteriza a importância e ineditismo deste estudo.

As informações da empresa obtidas através deste estudo serão mantidas em sigilo. E os dados e o material coletados serão utilizados somente para esta pesquisa. Além disso, para a empresa se assegura o direito de ser atualizada sobre os resultados parciais da pesquisa, assim que esses resultados chegarem ao conhecimento do pesquisador.

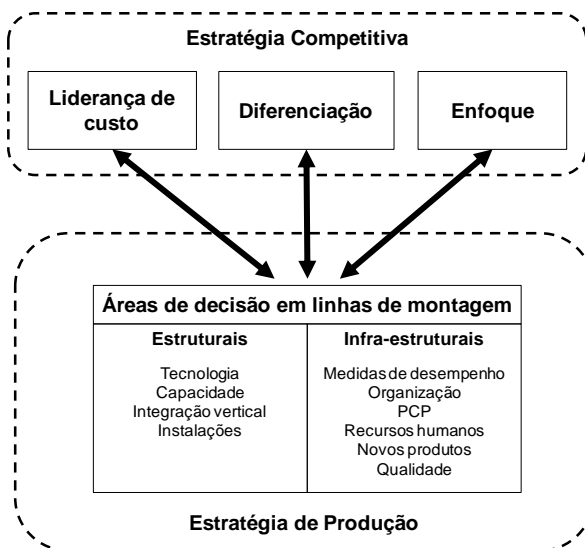
Sendo assim, venho por meio desta carta solicitar o apoio e cooperação da sua empresa neste estudo.

Msc. Glauco G. M. P. da Silva
Pesquisador

APÊNDICE C – Protocolo de pesquisa

A pesquisa será realizada através de coleta de dados feita pessoalmente na empresa, por meio de um questionário de pesquisa, que está dividido em duas partes. A primeira parte deste questionário visa primeiramente identificar a estratégia competitiva aplicada à linha de montagem objeto de estudo. Através das respostas dadas, a linha de montagem poderá ser enquadrada em uma das três estratégias competitivas: liderança de custo, diferenciação, ou enfoque.

A segunda parte da pesquisa visa a coleta de dados das soluções de configurações da linha de montagem em estudo. Para esta coleta foram selecionadas 10 áreas de decisão a serem analisadas. As 10 áreas em estudo são: tecnologia, capacidade, integração vertical, instalações, medidas de desempenho, organização, PCP, recursos humanos, novos produtos, e qualidade. De posse dos dados coletados as análises se darão visando estabelecer relações entre a estratégia competitiva aplicada as linhas de montagem e suas configurações, conforme ilustra a figura abaixo.



Para uma melhor comunicação entre o pesquisador e a empresa, esta deverá eleger um representante, que ficará em contato com o

pesquisador para a execução da pesquisa, desde os ajustes iniciais até a conclusão da mesma.

Estão previstas três visitas à empresa para a coleta de dados. Esta coleta será feita através de observação direta do objeto de análise, coleta de documentos, e também através de entrevistas com os colaboradores. As entrevistas serão realizadas com os responsáveis pela área. A seguir segue um roteiro para a coleta de dados, com a previsão de tempo para cada atividade.

N	Atividade	Responsável	Duração (min.)
1	Visita in loco	Gerente de processo	60 - 120
2	Identificação da empresa e caracterização da linha de montagem (Parte I)	Gerente de processo	15
3	Tecnologia/Instalações/Capacidade/Integração vertical	Logística	30
4	PPC/Organização/Medidas de desempenho	PPC	30
5	Recursos Humanos	Recursos Humanos	20
6	Novos produtos	Engenharia	20
7	Qualidade	Qualidade	20
Total			195 - 255

Fonte: desenvolvido pelo autor

Após as visitas de coleta dos dados, o pesquisador irá trabalhar no resumo e tabulação dos dados, e depois de seu término irá enviar os resultados para o representante da empresa. Este representante deverá observar os dados coletados e avaliar a veracidade das informações coletadas, e caso observe alguma informação inconsistente deverá fazer as modificações cabíveis. Também se o representante da empresa observar que faltam informações deverá acrescentar ao conteúdo apresentado, e enviar a versão final para que o pesquisador utilize em sua pesquisa.

De posse dos dados coletados, e com os demais casos, o pesquisador irá realizar as análises cabíveis, e após o resultado final da pesquisa, os enviará para o representante da empresa, afim de que a empresa fique ciente do trabalho completo realizado. Lembrando que as informações de cada empresa, bem como sua identidade será mantida em sigilo absoluto, e não serão fornecidas a nenhuma outra empresa participante desta pesquisa.

APÊNDICE D –Aplicação do questionário na Empresa A

1.1 Tecnologia	
Linha	Descrição
A1	(1.1.1) Possui duas linhas automatizadas com 29 postos de trabalho, sendo que 26 são mecanizados e 03 são manuais.
	(1.1.2) As informações sobre o produto ao longo da montagem ficam armazenadas em um receptor que fica embutido no carrinho de transporte, a fim de garantir a rastreabilidade e qualidade no processo.
	(1.1.3) Linha ritmada com ritmo definido pelo <i>takt-time</i> .
	(1.1.4) O transporte das válvulas é feito por <i>pallets</i> que transitam sob uma esteira mecanizada.
A2	(1.1.1) Possui três linhas semiautomatizadas, cada linha possui 12 postos com abastecimento manual, porém a operação é mecânica. A inspeção e embalagem são manuais.
	(1.1.2) A identificação de parte é visual. Uma etiqueta com código de barras é colocada no produto final.
	(1.1.3) As linhas não são ritmadas e não são sincronizadas.
	(1.1.4) O transporte é feito pelos operadores.
A3	(1.1.1) Possui quatro linhas totalmente manuais, somente com testes semiautomatizados. A montagem é feita em postos fixos e o operador se desloca para a montagem.
	(1.1.2) A identificação dos componentes é totalmente visual e sem registros.
	(1.1.3) As linhas não são ritmadas e não são sincronizadas.
	(1.1.4) Os produtos têm grande volume e peso. Além disso, devido à grande variedade e complexidade o produto é fixo na linha, sendo transportado por pontes rolantes quando necessário.
1.2 Instalações	
Linha	Descrição
A1	(1.2.1) Os clientes são 70% montadoras nacionais, 25% exportação, e 5% comércio. O mercado consumidor encontra-se na região sudeste – entrega direta para as montadoras. Na matéria-prima, 80% do material da válvula é importado (principalmente Europa), 20% material nacional.

	(1.2.2) Linhas multimodelos com grandes lotes de produção, tendendo para modelo único. Aproximadamente 20 diferentes modelos.
A2	(1.2.1) Os clientes são montadoras de veículos instaladas no Brasil – 95% da demanda. Estes clientes pertencem, principalmente, à região sudeste do Brasil (80% da demanda), além de Bahia, Rio Grande do Sul e Paraná. Os clientes de exportação estão na Argentina e Tailândia. Os fornecedores estão situados principalmente na região sudeste do Brasil, mas também possuem muitos componentes importados (Alemanha, China, EUA). (1.2.2) Linhas multimodelos com lotes médios, e aproximadamente 40 diferentes modelos são produzidos na linha.
A3	(1.2.1) Os principais clientes são empresas nacionais dos ramos de energia e transportes, mineradoras, siderúrgicas, extração naval, petróleo e gás, usinas hidrelétricas e etc. A empresa foi instalada na região principalmente devido à sua identidade cultural e à pouca influencia de sindicatos. Cerca de 90% dos fornecedores são do próprio estado. (1.2.2) Quanto à montagem pode ser classificadas como modelos mistos, já que na grande maioria das vezes o lote de produção é unitário e totalmente customizado.
1.3 Capacidade	
Linha	Descrição
A1	(1.3.1) Capacidade de 15.000 peças/turno/linha. A empresa tem duas linhas semelhantes operando em três turnos na sua capacidade máxima, com revezamento nos intervalos de refeição com o pessoal de apoio. Ainda assim necessita de horas-extras pontuais para atender à demanda atual. Ainda existe a possibilidade de operar em quarto turnos, com trabalho aos sábados e sem pausas para almoço, porém os custos extras não compensam esta opção.
A2	(1.3.1) As linhas de alto volume operam com capacidade total de 1.150.000 peças/ano/linha. Também possuem linhas que operam com um turno a menos e funcionam para amortecer as variações, e manter as linhas <i>runners</i> operando em capacidade total.
A3	(1.3.1) A capacidade de produção varia muito de acordo com a complexidade dos modelos a serem produzidos. São produzidas anualmente 3.000 peças/ano, nas quatro linhas existentes.
1.4 Integração Vertical	

Linha	Descrição
A1	<p>O produto (válvula) é composto por 16 componentes.</p> <p>(1.4.1) Produzem-se internamente os itens que exigem extrema qualidade, como os subconjuntos agulha e assento (processo com tecnologia laser e grande customização). Também é feita a injeção plástica - parte da linha de montagem, e a “cromação” do tubo.</p> <p>(1.4.2) Todos os 16 componentes são comprados. Itens que compõem a agulha e assento, e demais componentes são produzidos em grandes lotes em fornecedores mundiais, pois componentes padronizados permitem altas quantidades em fornecedores específicos.</p> <p>(1.4.3) Os componentes são padronizados mundialmente, e a compra é feita centralizada pela organização (mais de 12 linhas similares no mundo). Sendo que todos os fornecedores são certificados.</p> <p>O desenvolvimento de produto é mundial (Europa). Sendo que o desenvolvimento nacional foca somente em variações de ajustes.</p> <p>Trabalha-se com sistema <i>kanban</i> para uma das peças nacionais com maior custo (tubo – 3 dias de produção).</p> <p>Nas peças importadas o dimensionamento de estoque fica: Itens A – semanal; itens B – quinzenal; itens C - mensal. Para todos os itens o dimensionamento específico dependente da origem com o fornecedor logístico (<i>Künn-Nagel</i>).</p>
A2	<p>(1.4.1) Produzem-se os itens de <i>core-competence</i>: Injeção de componentes – Flange, reservatório e tampa da bomba. E de <i>key-competence</i>: usinagem de peças. Também se monta itens que envolvam <i>core-competence</i>, sendo aproximadamente 400 diferentes componentes (<i>part-numbers</i>).</p> <p>(1.4.2) Componentes diversos e matéria prima básica (aproximadamente 900 tipos).</p> <p>(1.4.3) Relacionamento e desenvolvimento de terceiros é bom e colaborativo, porém na maioria dos casos o projeto é 100% da empresa. A engenharia simultânea é feita através área de engenharia de compras, e <i>Inputs</i> (solicitações de ajustes, modificações) vindas dos fornecedores são considerados durante o desenvolvimento do produto.</p> <p>Os itens fornecidos são submetidos à aprovação, e auditorias de processo são realizadas nos fornecedores. O <i>just in time</i> é buscado com sistema puxado (<i>kanban</i>) nos itens nacionais relevantes.</p>
A3	<p>(1.4.1) A empresa produz internamente os itens estratégicos, sendo os principais: válvulas, blocos e bombas, que passam por pré-montagens. Os itens são produzidos internamente principalmente aos fatores de prazo e qualidade.</p>

	<p>(1.4.2) Cerca de 90% dos componentes são terceirizados, principalmente por fator custo.</p> <p>(1.4.3) Os fornecedores são certificados para fornecimento. Existe boa parceria, inclusive no desenvolvimento de alguns produtos. Nos componentes mais básicos se aplica o sistema <i>ship-to-line</i>, onde os fornecedores fazem as entregas diretamente na linha e emitem as notas fiscais posteriormente. Eles próprios se responsabilizam pela reposição.</p>
2.1 Planejamento e Controle da Produção	
Linha	Descrição
A1	<p>(2.1.1) A política de atendimento é <i>make-to-stock</i> (MTS).</p> <p>(2.1.2) O balanceamento da linha é feito de forma qualitativa. Os tempos de ciclo são fixos, e atende-se ao <i>takt-time</i> com horas extras caso seja necessário.</p> <p>(2.1.3) O sequenciamento da linha é qualitativo com base no consumo dos estoques (supermercados), e de forma a nivelar a produção, de forma a abastecer os supermercados com a variedade.</p> <p>(2.1.4) A programação é puxada, e a Formação de lote com supermercado (<i>kanban</i>). Supermercado considera a fórmula RE-LO-WI-SA:</p> <p>RE – tempo de espera do sinal para o lote</p> <p>LO – tempo para tamanho do lote</p> <p>WI – variação máxima</p> <p>SA – segurança</p> <p>(2.1.5) O estoque WIP é de 600 peças dentro da linha em processo. E não existe um dimensionamento prévio, ele é necessário para manter a linha automatizada em funcionamento.</p> <p>(2.1.6) Demanda variável durante o ano.</p>
A2	<p>(2.1.1) A política de atendimento é <i>make-to-stock</i> (MTO).</p> <p>(2.1.2) O balanceamento da linha é feito de forma qualitativa, através de um plano de nivelamento realizado pelos PCPs e Supervisores. Considera o <i>takt-time</i> e distribui os operadores, em geral, polivalentes. Estabelece-se o trabalho padronizado com a respectiva necessidade de pessoas. A quantidade de pessoas é definida via cálculo NHM (Número de Homens para o Mês).</p>

	<p>(2.1.3) O sequenciamento da montagem é feito de forma qualitativa, e baseado na experiência dos supervisores (otimização <i>setup</i>).</p> <p>(2.1.4) A programação é puxada via sistema <i>kanban</i>.</p> <p>(2.1.5) Existem buffers para que visem desacoplar os pré-processos da montagem final. Não existem estoques intermediários planejados, sendo que dentro da linha existem cerca de 1 a 3 peças entre os processos. Com exceção do flange que “atravessa” a linha via calha por gravidade de um lado para outro da linha. Calha está dimensionada (FIFO).</p> <p>(2.1.6) A demanda depende das oscilações de mercado. Picos ocorrem no meio do ano antes das negociações salariais.</p>
A3	<p>(2.1.1) A maior parte dos pedidos requer customização desde o projeto (<i>enginiering-to-order</i>), mas também existem pedidos atendidos de forma <i>make-to-order</i>.</p> <p>(2.1.2) Existe um software para o balanceamento de pessoas nos setor, mas em geral a quantidade de pessoas é definida de forma qualitativa através da experiência dos programadores.</p> <p>(2.1.3) A sequencia de montagem é definida de acordo com o prazo de atendimento dos pedidos, que formam uma fila de ordens. Não existe sequenciamento.</p> <p>(2.1.4) A programação é completamente empurrada, pois não existe um padrão para o produto. Desta maneira a programação é empurrada desde o desenvolvimento do produto até a produção.</p> <p>(2.1.5) Não existem buffers no processo, pois cada produto é montado por uma pessoa do início ao fim.</p> <p>(2.1.6) A demanda é bastante variável ao longo do ano, não podendo ser prevista. Chega a oscilar até 100% em um mês.</p>
2.2 Organização	
Linha	Descrição
A1	<p>(2.2.1) Duas linhas retas seriadas e totalmente automatizadas, com exceção do abastecimento do posto de sobre-injeção e a inspeção visual.</p> <p>(2.2.2) A empresa trabalha com o TPM, e com mecânicos específicos para cada área, além de manutenção preventiva e preditiva. Também existe uma equipe de manutenção focada com <i>know-how</i> específico e proximidade física da</p>

	<p>linha.</p> <p>(2.2.3) O abastecimento é feito via “<i>milk runner</i>” da fábrica. Os padrões para a rota e os dimensionamentos dos bordos de linha são feitos pela engenharia industrial. A frequência da rota de abastecimento é de 1 hora. Também existem estoques descentralizados próximo à linha. Onde os <i>flow racks</i> abastecem área de preparação anterior à linha.</p> <p>(2.2.4) Existem rotinas de trabalho para cada produto (IFE – Instrução de Fabricação e Exame), que contém todos os padrões de cada tipo de válvula. As folhas são dispostas e atualizadas pelo engenheiro de processos quando necessário.</p> <p>(2.2.5) A tomada de tempos é feita análise pela área de engenharia industrial via cronometragem. Na linha, os tempos de ciclo padrões são checados diariamente via “confirmação de processo” pelos líderes de time.</p>
A2	<p>(2.2.1) A linha tem formato em “U” e está organizada, no início, em estações paralelas que se unem em um único fluxo.</p> <p>(2.2.2) Existe um plano de manutenção preventiva controlado pelo SAP, e realizado pela área de manutenção. Em termos de controles existe apenas o acompanhamento de execução das manutenções preventivas, e não há o acompanhamento de eficiência propriamente dito. O indicador de OEE considera outras perdas além da “perda técnica”. A eficiência de máquinas críticas é controlada via área de manutenção através de gráficos.</p> <p>(2.2.3) O abastecimento de componentes comprados é realizado por solicitação via <i>kanban</i> (com código de barras), realizado pelo auxiliar de linha da área. A entrega é realizada pela área de logística física por meio de milk-run com frequência horária. O lead time de entrega é de 2 horas para alguns materiais de alto giro, que ficam alocados em vãos inferiores no almoxarifado, e de 4 horas para materiais de vão alto.</p> <p>(2.2.4) Existem trabalhos padronizados que detalham a operação para operador no nível de movimentos (mão esquerda / mão direita, etc.). As folhas ficam disponíveis nos postos de trabalho e são atualizadas conforme necessidade, e possuem validade de 2 anos. O trabalho padronizado é determinado mensalmente, de acordo com a distribuição de mão de obra do balanceamento. A IFE (Instrução de Fabricação e Exame) – mostra a operação no posto e as inspeções (fotos, parâmetros de processo, etc)</p> <p>(2.2.5) A tomada de tempos é feita pelo método de MTM. Além disso, existem controles detalhados incluindo</p>

	confirmação de processo e são reavaliados conforme ocorrem modificações. A confirmação de processo é analisada via cronometragem de 40 ciclos pelo líder de time e supervisor.
A3	<p>(2.2.1) O layout para a montagem é posicional fixo, ou seja o produto não é movimentado de uma estação para a outra, mas sim os colaboradores se movimentam em torno do produto para montá-lo.</p> <p>(2.2.2) Não existe um programa formal de manutenção para esta linha que não dispõe de máquinas e equipamentos.</p> <p>(2.2.3) Para os componentes específicos existe um sistema chamado de “comissionamento”. Neste sistema, os componentes vão sendo alocados em um contenedor na medida em que são produzidos, formando kits. Estes contenedores ficam aguardando em um setor específico e são levados até o bordo de linha quando todo o kit é completado.</p> <p>Para os componentes padronizados existe um dimensionamento que é definido segundo o respectivo custo. Para os itens C o dimensionamento é de três dias, já para os itens A e B mantêm-se três horas de material na linha. O abastecimento é feito por um trem logístico com rota definida e frequência de uma hora.</p> <p>(2.2.4) Não existe uma rotina padrão de operações devido ao alto grau de customização dos produtos. Os operadores recebem o projeto detalhado e a lista de peças utilizadas, e realizam as atividades segundo experiência própria.</p> <p>(2.2.5) Nesta linha não existe tempos padrão. Existe uma estimativa de tempo para cada projeto, porém, por observação do pesquisador, foram constatadas muitas movimentações desnecessárias, o que leva ao aumento do tempo de montagem.</p>
2.3 Recursos Humanos	
Linha	Descrição
A1	<p>Em cada linha existem 10 funcionários por turno (10 x 2 linhas x 3 turnos = 60 no total)</p> <p>(2.3.1) Os operadores são multifuncionais nos postos de injeção, que são alimentados manualmente. Neste sentido existem treinamentos dentro da política de cargos e salários da empresa.</p> <p>(2.3.2) Todos os operadores tem no mínimo segundo grau completo. A empresa estimula o cargo técnico na política de cargos e salários.</p> <p>(2.3.3) Nas injetoras existe revezamento obrigatório com frequência horária.</p> <p>(2.3.4) Os operadores são motivados e participativos. O índice de rotatividade é baixo, e o de absenteísmo em torno</p>

	<p>de 3%.</p> <p>(2.3.5) Existem treinamentos para a carreira operacional. Exemplos: qualidade, TPM, estratégia, custos, etc. O objetivo da empresa é qualificar os operadores para atuar com visão holística.</p> <p>(2.3.6) A segurança é o aspecto mais priorizado pela gestão da área. O reflexo é o baixo índice de acidentes. Atualmente estão há 1008 dias sem acidentes.</p>
A2	<p>Na área existem 430 funcionários. Na linha estudada são 11 operadores por turno.</p> <p>(2.3.1) Existe treinamentos específicos para polivalência dos operadores, na área 350 são polivalentes (81%), e na linha estudada todos trabalham em todos os postos. O treinamento é feito <i>on-the-job</i>.</p> <p>(2.3.2) A exigência da empresa é de no mínimo segundo grau completo, sendo que para líderes de time a exigência é de curso técnico ou faculdade técnica.</p> <p>Na prática muitos operadores tem curso superior, e por isso exigem melhora de posicionamento dentro da empresa. A empresa valoriza o aproveitamento do potencial interno sempre buscando dentro de casa antes do mercado de trabalho.</p> <p>(2.3.3) Existe alto grau de preocupação com a ergonomia, todos os postos são homologados pela engenharia industrial e área de segurança do trabalho. Existe ginástica laboral (10 minutos) é realizada na entrada de cada turno. Onde aplicável são realizados revezamentos a cada 2 horas.</p> <p>(2.3.4) Os operadores são muito motivados. Em pesquisa de clima observou-se elevado índice de “orgulho em trabalhar na empresa”. Nota próxima de 1,4 (1 – melhor, 5 – pior). O índice de absenteísmo está na faixa de 4% e a rotatividade é relativamente baixa (menor que 5%).</p> <p>(2.3.5) Existem programas de treinamento <i>on-the-job</i>, assim como a prática de TPM que busca o aumento do grau de maturidade dos operadores em relação a “cuidar da máquina” e programas com foco em qualidade.</p> <p>Na semana da engenharia, todos os operadores tem acesso às informações sobre o produto, a fim de conhecerem mais do que fazem, além do processo.</p> <p>(2.3.6) Existe forte preocupação com a segurança dos trabalhadores. Todos os postos são previamente aprovados segundo rigorosas normas de segurança. No chão de fábrica é obrigatório o uso de protetor auricular e sapato de segurança. A SIPAT ocorre anualmente.</p>

A3	<p>(2.3.1) Devido ao elevado nível de customização, os operadores devem ser muito bem treinados e qualificados. Nesta linha são colaboradores mais qualificados da unidade de negócio. E para trabalhar nela passam por diversos treinamentos existentes no programa da empresa.</p> <p>(2.3.2) A exigência da empresa é de no mínimo o grau técnico em mecânica ou elétrica. Existe uma matriz de conhecimento onde os colaboradores são treinados para melhorar sua qualificação.</p> <p>(2.3.3) Existe análise ergonômica em todos os postos de trabalho, sendo que a meta é obter 100% dos postos liberados, ou seja, sem riscos ergonômicos. São feitas análises biomecânicas, antropométricas, NIOSH, RULA (<i>Rapid Upper Limb Assesment</i>), REBA (<i>Rapid Entire Body Assessment</i>). Para a linha em questão os riscos ergonômicos são considerados leves.</p> <p>(2.3.4) Os montadores são motivados e comprometidos com o trabalho. Em pesquisa de clima foi consideradas uma das melhores unidades do Brasil.</p> <p>(2.3.5) Além da matriz de conhecimentos e programas internos de capacitação, a empresa possui parcerias com o SENAI, universidades e organizações ligadas ao ensino profissionalizante.</p> <p>(2.3.6) Existe forte preocupação com a segurança. Tem implantado semanalmente o minuto da segurança, quando se discute casos anteriores de acidente ou de risco para tomar ações que evitem acidentes futuros. Possuem CIPA (Comissão Interna de Prevenção de acidentes).</p>
2.4 Novos produtos	
Linha	Descrição
A1	<p>(2.4.1) Os produtos são padronizados e produzidos em grandes lotes (5000 peças). Existem 3 a 4 <i>setups</i> por dia.</p> <p>(2.4.2) No desenvolvimento de produtos a questão da modularidade é fortemente observada, sendo que 94% dos componentes são intercambiáveis.</p> <p>(2.4.3) Os fornecedores participam do desenvolvimento. E a plataforma do novo produto tem desenvolvimento mundial.</p> <p>(2.4.4) Produto simples (16 componentes), porém com alta tecnologia agregada, e elevados índices de qualidade exigidos (solda a laser, sobre-injeção, prevenção de contaminação)</p> <p>(2.4.5) Longos ciclos de vida, aproximadamente 5 anos.</p>

	(2.4.6) Ótima comunicação no desenvolvimento de produtos, porém sem software para apoio.
A2	<p>(2.4.1) Os produtos são diferenciados e produzidos em lotes médios.</p> <p>(2.4.2) Existe a preocupação com a modularidade, sendo que cerca de 80% dos componentes são intercambiáveis.</p> <p>(2.4.3) O desenvolvimento é realizado com times multidisciplinares e terceiros participam conforme a demanda. O tempo de duração varia conforme a complexidade do projeto, mas em geral de 6 meses a 1 ano. Em alguns casos de novas “plataformas” pode durar mais tempo.</p> <p>Existe padronização para o desenvolvimento de produto (PEP – <i>Produktentstehungsprozess</i>) com todas as fases, incluindo o processo produtivo.</p> <p>(2.4.4) Produtos com média complexidade com aproximadamente 90 componentes. Possui elevada exigência de qualidade.</p> <p>(2.4.5) O ciclo de vida leva, em geral, toda a vida útil do veículo (aprox. 5 anos). Novas plataformas estão em constante desenvolvimento.</p> <p>(2.4.6) Existe uma boa comunicação no processo de desenvolvimento de produtos, porém sem apoio de software.</p>
A3	<p>(2.4.1) Os produtos são totalmente customizados e produzidos em lotes unitários e únicos.</p> <p>(2.4.2) Existem ações para uma maior padronização dos componentes, no entanto, somente cerca de 40% são intercambiáveis entre produtos acabados.</p> <p>(2.4.3) O desenvolvimento do produto é feito pela equipe de engenharia, e revisado por uma ou duas pessoas para reduzir riscos de erros. O vendedor tem forte influencia no desenvolvimento por que ele absorve as necessidades dos clientes e transforma isto nas especificações do produto acabado. Neste caso vendas interage fortemente com a equipe de engenharia.</p> <p>(2.4.4) Os produtos têm volumes médios e elevado complexidade de montagem, com muitos ajustes delicados e minuciosos. É constituído de 100 componentes em média.</p> <p>(2.4.5) Os produtos tem ciclo de vida médio de 20 anos. E também retornam para empresa para reparos, assistência técnica e modernização dos equipamentos. No entanto cada produto tem um projeto diferente do outro.</p> <p>(2.4.6) Trabalham com software de apoio para o desenvolvimento que está ligado diretamente ao ERP da empresa e permite boa comunicação entre os envolvidos.</p>

2.5 Qualidade	
Linha	Descrição
A1	<p>(2.5.1) Existe um forte programa de 5S com auditorias mensais em todas as áreas.</p> <p>(2.5.2) A empresa investe fortemente na detecção de defeitos com dispositivos <i>poka-yokes</i>, A3 , folha de solução de problemas, etc.</p> <p>(2.5.3) Existe Controle Estatísticos de Processos (CEP) para as características críticas (vazão dinâmica e vazão estática), além de auditorias do produto pelo setor de qualidade. Além de inspeção visual 100% de cada válvula, e auditoria escalonada – líder de time, supervisor, chefia, e gerência para confirmação de processo.</p> <p>(2.5.4) Tem implantada a manufatura enxuta e o conceito de melhoria contínua implantada. Possuem os grupos TOP (Time Orientado à Produção), que discutem os problemas e soluções visando a melhoria do processo.</p>
A2	<p>(2.5.1) Existe um forte programa de 5S com auditorias mensais em todas as áreas.</p> <p>(2.5.2) Os <i>poka-yokes</i> são pensados preventivamente na criação do processo, e obrigatórios para caso de reclamações de clientes. <i>Andons</i> de qualidade existem com limites definidos. D-FMEA e P-FMEA – grupo formado por equipe multidisciplinar com moderador do setor de qualidade. O índice de reclamação do cliente está abaixo de 8 ppm.</p> <p>(2.5.3) O monitoramento é feito conforme o plano de controle que varia conforme o componente e produto. Em geral algumas características 100% e outras por amostragem.</p> <p>(2.5.4) Existem os grupos TOP (Time Orientado à Produção – líder de time e operadores) que além da responsabilidade pela qualidade e produção diária também possuem foco na melhoria continua. Há reunião diária (<i>daily meeting</i>) com áreas de apoio onde o líder de time apresenta os problemas da linha, e são discutidos pontos de melhoria.</p> <p>Existe um sistema de premiação que recompensa boas ideias implementadas (com pontos que podem ser trocados por produtos diversos ou mesmo em dinheiro quando a economia é mensurável).</p>
A3	<p>(2.5.1) Existe programa de 5S com auditorias mensais por setor. A exigência para a organização é elevado, sendo que a meta das auditorias é de 90% para todos os setores.</p> <p>(2.5.2) Produtos customizados e com diferentes características dificultam a adoção de mecanismos de controle. Testes são realizados em 100% dos produtos ao final do processo. Além de lista de checagem para a revisão da</p>

	<p>montagem.</p> <p>(2.5.3) Testes são realizados em 100% dos produtos ao final do processo. Além de lista de checagem para a revisão da montagem. O cliente também pode fazer inspeção do produto na empresa.</p> <p>(2.5.4) Não possuem grupos de CCQs. As melhorias são realizadas através de <i>Kaizens</i> identificados nos Mapas de Fluxo de Valor, com grupos específicos. E também através de melhorias incrementais no dia a dia, denominada <i>Kaizen Teian</i>. Possuem reuniões mensais para divulgação e compartilhamento das melhorias, e tem recompensas para incentivar a participação dos colaboradores.</p>
2.6 Medidas de desempenho	
Linha	Descrição
A1	<p>Custo fixo variável</p> <p>Estoques + giro: – <i>work in process</i> atual = 6 dias, estoque total (incluindo <i>work in process</i>) = 34 dias – meta é 33 dias</p> <p>Eficiência da mão de obra – meta 83%</p> <p>Produtividade – meta 8%</p> <p>Índice de defeitos internos – meta 0,18%</p> <p>Reclamações dos clientes – meta 4 ppm</p> <p>Distúrbios nos clientes – meta 18 casos</p> <p>OEE das linhas – meta 85%</p> <p>Monitorados via <i>cockpitchart</i>,</p>
A2	<p>Eficiência de mão de obra produtiva – PMA (minutos de produção: minutos trabalhados) – meta 82%</p> <p>Eficiência de máquinas – OEE – meta 85% -</p> <p>Produtividade em relação ao ano anterior – meta 8% - 7,5% (produtos por minuto trabalhado)</p> <p>Nível de inventário – GEZ (dias e valor absoluto)</p> <p>Controle de custos fixos e variáveis</p> <p>Custo de defeito interno – custo defeito:custo do produto total – meta 0,15% (0,14% para a área total)</p>

	Defeitos 0km – PPM – 6,5 ppm (para toda a área) Número de distúrbios no cliente – casos – meta 67 casos Fidelidade de entrega - % (cliente e total) – meta 98% Fornecimento diário – monitoramento do plano de entrega
A3	Índice de fidelidade de entrega Giro financeiro de estoque 5S Índice de rejeição interna (primeiro teste) Índice de rejeição em campo Índice de agregação de valor

Fonte: desenvolvido pelo autor

APÊNDICE E – Aplicação do questionário na Empresa B

1.1 Tecnologia	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8, B9	<p>(1.1.1) Grande parte das operações é manual, sendo automatizadas as operações de teste e injeção de Polipropileno, sendo que esta última é o gargalo. A grande variedade de produtos exige muita flexibilidade e limita a utilização de automatizações. Os produtos e sequencia variam muito e a mão de obra se mostra mais eficiente e barata. O investimento em robôs está mais barato hoje em dia, porém a flexibilidade exigida no processo inviabiliza a utilização dos mesmos. Os setores de design e marketing têm muita força e acabam por ampliar a variedade para a produção.</p> <p>(1.1.2) Código de barras para rastreabilidade do produto na linha, apontando inclusive os defeitos durante a montagem. Os componentes vêm em caixas com código de barra identificando o lote.</p> <p>(1.1.3) A linha é ritmada. Nas operações críticas, como solda, funciona como <i>stop-and-go</i>, onde o operador necessita liberar o produto para que ele siga no processo.</p> <p>(1.1.4) A movimentação do produto é feita por esteiras, sendo que os gabinetes, devido ao seu grande volume, são</p>

	transportados por gancheras em vias aéreas.
B7	<p>(1.1.1) Linhas totalmente manuais para a produção de secadoras, com ritmos mais lentos que as demais linhas.</p> <p>(1.1.2) Identificação visual e sem registros.</p> <p>(1.1.3) A linha não é ritmada, os operadores ditam o ritmo da linha.</p> <p>(1.1.4) A movimentação do produto é feita pelo próprio operador que empurra um carrinho de um posto para o outro conforme conclui as atividades.</p>
1.2 Instalações	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8, B9	<p>(1.2.1) Os clientes nacionais são varejistas do Brasil inteiro (grandes magazines). Os clientes de exportação são plantas do grupo em outros países. A empresa possui ainda um centro de distribuição em Recife para atender a região Nordeste.</p> <p>Os fornecedores locais são dos componentes de plásticos, embalagens, etc.. Na região de São Paulo existem fornecedores de componentes usinados. E os componentes eletrônicos, em sua maioria, são importados da China.</p> <p>As peças plásticas são fabricadas por terceiros dentro da empresa (<i>colocation</i>), pois não é o <i>core competence</i> da empresa, e garante melhor comunicação, menor custo e gestão, e flexibilidade para atendimento do mix.</p> <p>(1.2.2) Linhas de modelos mistos. Na primeira operação de injeção de polipropileno são produzidos em lotes de diferentes modelos, que vão em ordem alternada para a linha de montagem.</p>
B7	<p>(1.2.1) Idem demais linhas.</p> <p>(1.2.2) Linhas multimodelos com lotes médios de produção.</p>
1.3 Capacidade	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5,	<p>(1.3.1) As linhas operam com capacidade máxima em três turnos de produção, e a demanda é maior que a capacidade atual.</p>

B6, B8, B9	
B7	(1.3.1) A linha opera em 1 turno durante a semana e meio dia aos finais de semana. Existem limitações de demanda e de fornecimento de componentes.
1.4 Integração Vertical	
Linha	Descrição
B1,	(1.4.1) A empresa produz cerca de 15% dos componentes internamente.
B2,	(1.4.2) A maior parte dos componentes são terceirizados, cerca de 85%.
B3,	(1.4.3) Os fornecedores de peças plásticas (<i>colocation</i>) trabalham dentro da empresa com moldes da empresa. Os
B4,	fornecedores também participam do desenvolvimento de produtos, principalmente nos itens críticos. A empresa
B5,	procura ter no mínimo dois fornecedores para garantir abastecimento e brigar por preço, Ex: compressores.
B6,	Trabalha JIT com entregas direto na linha com gancheta e EPS, pois a fábrica é próxima. Também possui estoque
B7,	<i>kanban</i> de peças plásticas. Os componentes eletrônicos possuem estoques controlados por MRP.
B8,	Possuem preocupação com a melhoria do processo dos fornecedores, sendo que a área de suprimentos trabalha o
B9	desenvolvimento dos fornecedores.
2.1 Planejamento e Controle da Produção	
Linha	Descrição
B1,	(2.1.1) A política de atendimento é <i>make-to-stock</i> (MTS) para produtos nacionais com políticas diferenciadas de
B2,	estoque para cada modelo (meta 12 dias). O setor de vendas estabelece as quantidades que entram no plano-mestre
B3,	do sistema SAP. Este plano é congelado por 14 dias em nível de <i>stock keeping unit</i> (SKU). Alterações no período
B4,	congelado são feitas através de solicitação pelo setor de vendas, quando ocorre inversão de carteira.
B5,	Ainda existe a política de <i>assemble-to-order</i> (ATO) para clientes de exportação com atendimento a outras plantas do
B6,	grupo. E para produtos muito específicos e customizados trabalha-se com a política de <i>make-to-order</i> (MTO), porém
B7,	são montados nas mesmas linhas que as demais políticas de atendimento.
B8,	(2.1.2) O balanceamento da linha é feito de forma qualitativa com base na experiência do programador. Na segunda

B9	<p>quinzena do mês é feita uma previsão do mix mensal para o mês subsequente. Com essa necessidade se analisa a capacidade e realizam-se ajustes caso seja necessário. Esta previsão mensal é explodida dia-a-dia. Com essa necessidade é feito o balanceamento da mão de obra, considerando-se o pior mix possível a ser montado na linha, gerando as FITs (Folha de Instruções de Trabalho), que orientam o número de pessoas, postos de trabalho, as atividades de montagem, abastecimento dos componentes, etc.</p> <p>(2.1.3) O sequenciamento é feito de forma qualitativa com base na experiência dos programadores, agregando os lotes do plano de produção a fim de reduzir <i>setups</i>.</p> <p>Os facilitadores definem o sequenciamento dos moldes. A sequencia é congelada por três dias, e pode mudar se houver alterações significativas na carteira, problemas no abastecimento de componentes, ou problemas de manutenção, por exemplo.</p> <p>(2.1.4) Programação puxada para repor o estoque. Considera o nível de estoque a meta e os pedidos em carteira.</p> <p>(2.1.5) A linha foi projetada para alocar buffers em locais estratégicos, antes dos gargalos, porém não existe um dimensionamento pré-determinado. O estoque em processo vai depender do mix de produtos que estiver sendo montado na linha.</p> <p>(2.1.6) Demanda variável ao longo do ano.</p>
2.2 Organização	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8	<p>(2.2.1) A linha é serial, porém possui pontos em que existem atividades em paralelo, onde os tempos de ciclo são críticos e superam o <i>takt-time</i>. Ex: Solda.</p> <p>(2.2.2) Nas linhas possui planos de manutenção preventiva e preditiva. O indicador de eficiência OEE, na linha, leva em consideração somente a variável disponibilidade. Nos moldes de injeção existe um programa de TPM, for estes recursos serem críticos no processo.</p> <p>(2.2.3) Os itens fornecidos por terceiros são entregues em embalagens já adequadas ao bordo de linha para não ter <i>re-packing</i>. Os componentes padronizados (90% dos itens) são abastecidos em <i>kanban</i> (“caixa cheia-caixa vazia”) e todos os componentes ficam dispostos no posto de trabalho, independentemente se estão na linha no momento. Na linha B5, a customização de um dos modelos é feita fora da linha, onde os componentes são entregues.</p>

	<p>O dimensionamento é feito no Excel que olha o mapa dos postos de trabalho e o consumo máximo do componente. A rota de abastecimento tem frequência de 30 minutos, e o dimensionamento é feito para suprir dois ciclos, e mais uma embalagem.</p> <p>(2.2.4) A Folha de Instrução de Trabalho (FIT), contam pontos de inspeção, sequência de atividades, recursos necessários, componentes. As FITs ficam dispostas no posto de trabalho sendo função do facilitador controlar sua execução no processo.</p> <p>(2.2.5) Os tempos são determinados através do método de tempos pré-determinados, MTM.</p>
B7	<p>(2.2.1) A linha tem formato U, e as operações são manuais.</p> <p>(2.2.2) Não existe programa de manutenção pois as operações são manuais.</p> <p>(2.2.3) Idem anterior.</p> <p>(2.2.4) Idem anterior.</p> <p>(2.2.5) Idem anterior.</p>
B9	<p>(2.2.1) A linha tem formato em Y, onde dois modelos diferentes são iniciados em paralelo em linhas diferentes, e a partir de uma ponto entram na mesma linha para a montagem final.</p> <p>(2.2.2) Idem linhas B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8.</p> <p>(2.2.3) Idem linhas B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8.</p> <p>(2.2.4) Idem linhas B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8.</p> <p>(2.2.5) Idem linhas B1, B2, B3, B4, B5, B6, B8.</p>
2.3 Recursos Humanos	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5, B6,	<p>(2.3.1) Não existe polivalência total dos operadores. Existem 5 níveis de cargos, onde os operadores dos cargos mais baixos não trabalham nos cargos mais elevados (ex: máquinas, seladores, controle de qualidade). Existe elevação de cargo verificando-se o número de faltas, treinamentos, tempo de casa, etc. do operador.</p> <p>(2.3.2) A empresa exige o segundo grau completo, no entanto existe grande parte dos funcionários cursando, ou que concluíram o terceiro grau. Como resultados são muito comprometidos e motivados, e estão constantemente sugerindo melhorias no processo, sentindo-se donos dos postos de trabalho. Por outro lado, o elevado nível de</p>

B7, B8, B9	<p>escolaridade da mão de obra, gera operadores críticos e que podem ser mais resistentes a mudanças.</p> <p>(2.3.3) Não possuem um rodízio geral das tarefas. Classificam as atividades em classes de risco – verde amarela, vermelho. Nas atividades vermelhas (mais críticas) existem contenção e rodízio de tarefas em intervalo pré-determinado. Existe ginástica laboral duas vezes por turno. Como concessões também adotam duas paradas para necessidades fisiológicas por turno. E, caso haja a necessidade, o facilitador da linha pode substituir o colaborador por alguns instantes. Na linha, os colaboradores são horistas e trabalham em três turnos – 5- 13:30/ 13:30-22:00/ 22:00 – 5. Sábado 5 – 9 / 9 – 13.</p> <p>(2.3.4)</p> <p>(2.3.5) Existe lista de treinamentos feitos sob demanda, treinamentos especiais são oferecidos para os facilitadores de processo. E para os cargos de mensalistas existe o curso de Liderança <i>lean</i>, com treinamentos específicos sobre o assunto de <i>lean manufacturing</i>.</p> <p>(2.3.6) O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são de uso obrigatório (sapato, protetor auricular e óculos). São proibidos adornos (brincos, colares, e anéis). O supervisor das linhas controla o uso destes elementos. Possuem Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), e uma equipe de segurança específica, que cuidados assuntos de segurança denominada GAS (Grupo de Apoio a Segurança) com a função de propor melhorias na segurança.</p>
2.4 Novos produtos	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8,	<p>(2.4.1) Os produtos são diferenciados e produzidos em lotes médios. Para a linha B5, existem produto que pode ser customizado, porém estas customizações são realizadas fora da linha.</p> <p>(2.4.2) A modularidade é variável entre as linhas. Em algumas cerca de 80% dos componentes são modulares, já outras linhas não tem praticamente componentes modulares.</p> <p>(2.4.3) Existe um processo de desenvolvimento bem definido, onde diversos setores participam nas etapas decisivas, ou <i>gates</i>. Os principais fornecedores participam do processo de desenvolvimento, mas a grande maioria não. Existe uma forte interação como cliente final através de pesquisas para o desenvolvimento. Os projetos duram de 6 meses a 1 ano.</p>

B9	<p>(2.4.4) Os produtos são volumosos e tem características de qualidade críticas. Além disso possuem muitos componentes, variando de 300 a 900 itens.</p> <p>(2.4.5) Os produtos tem ciclos de vida curtos, na maior parte das linhas o produto fica ativo por 4 anos.</p> <p>(2.4.6) As equipes de desenvolvimentos são formadas para projetos específicos, e fazem desde a identificação da oportunidade até o lançamento do produto. Existem ainda etapas de definições onde outros setores são incluídos, como na viabilidade econômica por exemplo. Existem softwares específicos para o desenvolvimento dos produtos que permitem uma boa comunicação entre a equipe.</p>
2.5 Qualidade	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9	<p>(2.5.1) Sim, existem avaliações mensais na área com base em uma escala de 1 a 5 (1 é ruim e 5 é excelente). Se a área alcançar a pontuação acima de 2,5 é considerada uma área certificada em 5S.</p> <p>(2.5.2) Existem alguns <i>poka-yokes</i> (por exemplo alguns dispositivos que fecham a porta do produto após algum posto no qual o operador abre a porta para fazer a operação) e alguns <i>andons</i> que acendem (alguns emitem sinais sonoros) quando o operador demora mais tempo do que o previsto na sua operação mas são apenas em postos críticos. Também usamos os relatórios espinha de peixe e os cinco porquês para encontrar a causa raiz dos problemas de qualidade.</p> <p>(2.5.3) Em todas as linhas existem postos de inspeção (testes funcionais e inspeção estética) pelos quais passam 100% dos produtos. Também existe um laboratório (LAP - laboratório de análise de produtos) pelo qual passa uma amostragem dos produtos e lá os testes são mais demorados (por ex. tem um teste que fica abrindo e fechando a porta do produto durante um dia inteiro para verificar se haverá desalinhamento da porta ou problemas de vedação) e outros testes, tanto funcionais quanto verificações estéticas.</p> <p>(2.5.4) Sim, trabalhamos com grupos de CCQ e também <i>Kaizens</i>. Os grupos de CCQ são grupos fixos (sempre com as mesma pessoas), normalmente de uma mesma área que propõem e executam melhorias. Os grupos <i>kaizens</i> são grupos variáveis que trabalham juntos por 1 semana e são liderados por um <i>Lean Champion</i> (que é um operador da fábrica que passa por um processo de formação nos conceitos e ferramentas do <i>Lean</i> por 6 meses no nosso departamento de <i>Lean</i>. Todo ano temos uma mostra de melhorias na qual todos os grupos (tanto CCQ quanto</p>

	<i>kaizens</i>) participam e são premiados os melhores projetos.
2.6 Medidas de desempenho	
Linha	Descrição
B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9	<ul style="list-style-type: none"> • Número de produtos com não-conformidades que foram detectados no laboratório • Índice de qualidade do processo. São feitas auditorias que verificam se os operadores estão cumprindo os métodos determinados. Só podemos ter 5% e desvios dos métodos de trabalho. • Percentual de produtos sem defeitos. Cada linha tem uma meta mas em geral deve ser maior que 88%. • Índice de qualidade da linha (1 - percentual de defeitos da linha). Cada linha tem uma meta mas em geral deve ser maior que 75%. • Produto bloqueado- quantidade de produtos prontos já no depósito que estão com algum problema de qualidade. A meta é zero. • <i>Perceived quality assurance</i>. É uma avaliação de qualidade percebida. Orçamento- relação entre o valor gasto e o valor orçado (despesas da manufatura). Deve ser menor ou igual a 100% • <i>Scrap</i>- percentual de peças sucateadas. • produtividade real- volume produzido / quantidade de pessoas na produção. Cada linha tem uma meta mas em geral deve ser maior que 8. • 5S- quantidade de ilhas (pequenas áreas da linha) que são certificadas em 5S. • Inventário- acuracidade do inventário (relação entre a quantidade de peças consumidas e a quantidade de peças previstas) • <i>Kaizen</i>- quantidade de <i>kaizens</i> que a área fez no mês • TPM - Fase 4- quantidade de equipamentos que estão certificados na Fase 4 do TPM • TPM - Moldes e Ferramentas - quantos moldes e ferramentas estão no fluxo do TPM • Percentual de peças pedidas pelos consumidores que foram feitas no prazo. A meta é fazer 100% em 3 dias após o pedido. • Serviço autorizado aguardando peça, ou seja, quantos assistências estão aguardando uma peça. A meta é zero.

	<p>Consumidor aguardando peça. A meta é zero.</p> <ul style="list-style-type: none"> • OEE- OEE dos equipamentos. Cada tipo de equipamento tem sua meta mas em geral deve ser maior que 75%. • Manutenção- controlamos a indisponibilidade, o MTBF e o MTTR. • Rotatividade MOD- qual é o <i>turnover</i> da mão de obra. Deve ser menor ou igual a 1,65% por mês. • Absenteísmo- percentual de faltas. Deve ser menor ou igual a 2,5%. • Periódicos- percentual de exames periódicos feitos no prazo. • Percentual de pessoas com necessidades especiais. A meta é maior que 6%. • Avaliação de desempenho- percentual de colaboradores que receberam o feed-back formal sobre seu desempenho. Tem que ser maior que 11%. • Taxa de frequência sem afastamento- ($N^{\circ}ACID \text{ sem afastamento} * 200000 / HH \text{ TRAB..}$). Deve ser menor ou igual 0,72. • Taxa de frequência com afastamento- ($N^{\circ}ACID \text{ com afastamento} * 200000 / HH \text{ TRAB..}$). Deve ser menor ou igual 0,10. • Taxa de gravidade- ($N^{\circ}DIAS \text{ que as pessoas ficaram afastadas} * 200000 / HH \text{ TRAB..}$). Deve ser menor ou igual 1,90. • Meio ambiente- controlamos a quantidade de resíduos enviados para aterro, o consumo de energia e água e a quantidade de acidentes ambientais. <p>Obs: Todos estes indicadores são controlados mensalmente e cada gestor que não cumpre a meta tem que apresentar um plano de ação.</p>
--	---

Fonte: desenvolvido pelo autor

APÊNDICE F –Aplicação do questionário na Empresa C

1.1 Tecnologia	
Linha	Descrição
C1 e C2	<p>(1.1.1) Linhas manuais com teste semiautomático.</p> <p>(1.1.2) Os componentes ficam em caixas no bordo de linha identificadas por códigos de barra. Caixas com produtos finais recebem etiquetas no final das linhas.</p> <p>(1.1.3) Linhas não ritmadas. Linha C1 - trabalha com um operador; Linha C2 – trabalha com dois operadores.</p> <p>(1.1.4) O transporte das torneiras é manual e realizado pelos próprios montadores.</p>
C3	<p>(1.1.1) Possui pré-montagem que abastece a linha e também três máquinas de usinagem que abastecem a linha e a pré-montagem de componentes. A montagem e teste são operações semiautomatizadas, a embalagem é manual. A empresa tem projeto para automatizar toda a linha e dobrar a capacidade da linha com apenas dois operadores, produzindo o que a linha produz hoje em apenas um turno.</p> <p>(1.1.2) Não há identificação de componentes e produtos na montagem. No final do processo o produto recebe etiqueta.</p> <p>(1.1.3) A linha é não ritmada assíncrona. A mesa de montagem e teste dá o ritmo. A montagem manual com pessoas é o gargalo e limita a capacidade da linha.</p> <p>(1.1.4) O transporte é feito pelos operadores.</p>
1.2 Instalações	
Linha	Descrição
C1, C2, e C3	<p>(1.2.1) Os clientes são revendas em todo o território nacional, e construtoras que fecham pedidos especiais para seus projetos. O mercado consumidor é pulverizado em todo o Brasil. Os principais clientes estão no Sul/Sudeste onde a empresa é líder do mercado. Os fornecedores de componentes estão localizados em um raio de 100Km, e os de matéria-prima para metais em São Paulo, melhor custo e capacidade de atendimento.</p> <p>(1.2.2) Linhas multimodelos com pequenos lotes de produção para C1, e lotes médios para C2, lotes grandes para</p>

	C3. Na linha C1 são montados 57 diferentes modelos, na linha C2 cinco tipos diferentes, e na linha C3 somente três variações de modelo.
1.3 Capacidade	
Linha	Descrição
C1	(1.3.1) A linha opera com 40% da sua capacidade total. Produz 2.100 peças/mês e tem capacidade para 5.500 peças/mês. Ela foi modelada para atender ao crescimento da empresa até 2015. Hoje opera com um operador por turno em dois turnos. Mas pode operar com dois operadores por turno por dois turnos.
C2	(1.3.1) A linha opera com 50% da sua capacidade total. Produz 1.000 peças/dia. Ela foi modelada para atender ao crescimento da empresa até 2015. A linha opera em dois turnos. O primeiro turno trabalha com duas pessoas em 8,8h de tempo líquido (menos 15 minutos de ginástica laboral). O segundo turno trabalha com uma pessoa em 8,43h de tempo líquido (menos 15 minutos de ginástica laboral). A capacidade máxima para 2.000 peças/dia seria com duas pessoas e três turnos de produção.
C3	(1.3.1) A linha atual opera em dois turnos, e tem capacidade máxima de 8.500 peças/dia. Hoje a meta é de 8.100 peças/dia, mas a linha chega a parar por falta de consumo do cliente. O gargalo são as operações manuais com capacidade de 490 peças/h. As máquinas de usinagem operam em três turnos para abastecer a linha, e tem problemas com manutenção. A nova linha, totalmente automatizada, prevê o dobro da produção com apenas duas pessoas.
1.4 Integração Vertical	
Linha	Descrição
C1, C2, e C3	(1.4.1) A empresa produz internamente os itens que são aparentes no produto, cuja qualidade deve ser assegurada, sendo principalmente os itens de metal. Os processos internos são: fundição, usinagem, torno, e tratamento químico. Para a linha C1 são produzidos 13 dos 24 componentes, na C2 produzem-se 12 dos 33 componentes, e na C3 produzem-se internamente sete dos 12 componentes. (1.4.2) A empresa compra de terceiros componentes de menor valor agregado e de fácil acesso no mercado, além da embalagem, pois não tem domínio do processo. (1.4.3) Para as linhas C1 e C2, possui quatro fornecedores para diferentes componentes. Na embalagem trabalha com

	<p>parceria com fornecedor que entrega em lotes e dimensões próprias que vão direto para o bordo de linha sem a necessidade de <i>repack</i>. Terceiriza-se uma operação (serviço).</p> <p>Nas três linhas, possui fornecedor que depende da empresa com 90% de sua demanda. São feitas inspeções por amostragem e trabalha com o Índice de Qualidade na Fonte - IQF para qualificar e controlar a qualidade dos fornecedores. Nesta sistemática, quanto menor o número de defeitos observados menor o número de inspeções realizadas, quanto mais defeitos observados mais inspeções são efetuadas para o fornecedor.</p>
2.1 Planejamento e Controle da Produção	
Linha	Descrição
C1 e C2	<p>(2.1.1) A empresa trabalha com MTS, com estoque dimensionado para um mês de demanda. A demanda ao longo do ano é estável, mas dentro do mês apresenta picos de 30 a 40% nos dois últimos dias do mês. Por esse motivo necessita carregar um nível considerável de estoques. A política de entrega é de cinco dias para a região sul e dez dias no norte.</p> <p>(2.1.2) Não utiliza o <i>takt-time</i> devido às variações de produtos e prioridades. O PCP define mensalmente a meta de demanda a ser atendida com base no histórico dos últimos quatro meses. Com essa informação fazem uma previsão e utilizam os pedidos em carteira para estipular a meta. A partir desta meta definem o número de pessoas para trabalhar na linha e congelam este número durante o mês.</p> <p>(2.1.3) Utilizam o software MS da Datasul. Existe programação puxada diretamente com o centro de distribuição. A partir do consumo do supermercado a informação vai eletronicamente para o PCP (<i>kanban</i> eletrônico). Existe um módulo como uma caixa logística digital com visão de 60 dias pra frente com o objetivo de nivelar o sequenciamento da montagem a fim de estabilizar o consumo dos componentes para os processos anteriores.</p> <p>(2.1.4) A programação é puxada pelo consumo do centro de distribuição, via <i>kanban</i> eletrônico.</p> <p>(2.1.5) Possui no máximo duas peças para conectar os dois operadores, que trabalham em loops. Enquanto o produto passa por um teste o operador segue na rotina de operações.</p> <p>(2.1.6) Demanda estável durante o ano. Cresce 7% ao ano, em média.</p>
C3	<p>(2.1.1) A política de atendimento é make-to-stock (MTS), com estoque dimensionado para 30% da demanda mensal.</p> <p>(2.1.2) Trabalham com postos fixos e não mudam o ritmo de trabalho. Se a demanda não puxa o estoque trabalham</p>

	<p>com menos horas com a mesma formação.</p> <p>(2.1.3) Idem linhas C1 e C2.</p> <p>(2.1.4) A programação é puxada pelo consumo do centro de distribuição, via <i>kanban</i> eletrônico.</p> <p>(2.1.5) A máquina de montagem é mais rápida que os operadores, por isso existem de 3 a 10 peças de WIP na linha.</p> <p>(2.1.6) Demanda estável durante o ano. Cresce 7% ao ano, em média.</p>
2.2 Organização	
Linha	Descrição
C1 e C2	<p>(2.2.1) Layout em “U”, pois o final da linha fica próximo ao começo, facilitando o início do ciclo e o abastecimento pelo <i>mizusumashi</i>.</p> <p>(2.2.2) Não tem manutenção, pois não tem máquinas. Não trabalham com indicador de eficiência.</p> <p>(2.2.3) O abastecimento de partes e componentes é feito através de um trem logístico administrado pelo setor de logística. Este trem passa numa frequência de 20 em 20 minutos abastecendo as linhas de produção. Inicialmente, no quadro de nivelamento da produção, os operadores coletam os cartões com a informação do que será montado e separam os kits, tirando do supermercado de peças. O trem logístico então passa coletando as caixas vazias e deixando as caixas cheias. Existem sinalizações das rotas a serem percorridas pelo trem logístico.</p> <p>Para a linha C1, como existe variedade quem organiza as peças no bordo é o próprio operador de montagem, pois se a logística fizer gasta muito tempo. Isso reduz eficiência da linha.</p> <p>(2.2.4) Trabalham com a FIP (Ficha de Instrução de Produção), que possui basicamente três tipos de informações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Controle: o que deve ser verificado em termos de qualidade, parâmetros de qualidade; - O que usar: em termos de dispositivos e equipamentos de auxílio; - Método: Descrição de como realizar as operações, tempos, frequência, <p>As folhas de Instrução são disponibilizadas na linha de montagem e são atualizadas quando existe uma alteração no processo.</p> <p>(2.2.5) Os tempos são determinados por cronoanálise, e o controle dos tempos é feito comparando-se os tempos estimados e a produção efetiva. Alterações são feitas quando o processo é alterado.</p> <p>A concessão adotada para montagens manuais é de 12%, sendo 6% são de necessidades fisiológicas e os outros 6%</p>

	restantes de fadiga, ritmo e outros.
C3	<p>(2.2.1) Linha reta com postos fixos. A linha será desativada e será instalada uma linha totalmente automatizada operada apenas por dois operadores com o dobro da capacidade.</p> <p>(2.2.2) A linha não tem programa de manutenção. As máquinas dos componentes tem um plano de manutenção preventiva. Com máquinas muito antigas existem muitos problemas de quebras. A meta do índice OEE é de 64%.</p> <p>(2.2.3) O abastecimento é feito pelos operadores da produção, o facilitador da é o responsável por repor os materiais através da lógica de caixa cheia - caixa vazia.</p> <p>(2.2.4) Idem C1 e C2.</p> <p>(2.2.5) Idem C1 e C2.</p>
2.3 Recursos Humanos	
Linha	Descrição
C1, C2 e C3	<p>(2.3.1) Dentro da linha existe 100% de polivalencia. Existe uma matriz de capacitação dos operadores. Ao entrar na empresa os operadores passam por três meses de treinamento passando por cada linha de montagem.</p> <p>(2.3.2) Os operadores tem segundo grau completo. Existe um programa de incentivo com bolsas de estudo, se a empresa verifica que a formação é importante para as funções do operador. Os treinamentos são 100% sob demanda, e não existe um programa específico para isto.</p> <p>(2.3.3) Cada linha tem um laudo ergonômico que analisa cada posto de trabalho e também passa por uma validação do comitê de segurança do trabalho. Existe um programa de ginástica laboral de 15 minutos por turno de trabalho. Em geral o rodízio de funções é feito de hora em hora dentro da linha e também entre linhas de montagem. O facilitador é quem administra o rodízio.</p> <p>(2.3.4) Existe pouca rotatividade e absenteísmo. Índice de absenteísmo: 2,85% (2,97% 1 turno, 2,8% segundo turno); índice de <i>turnover</i>: 2,66%.</p> <p>(2.3.5) Os treinamentos e capacitações são feitos sob demanda. Periodicamente existe treinamento na norma ISO 9001, e treinamentos constantes são feitos em nível de atividades nas linhas com base na Folha de Instruções de Produção.</p> <p>(2.3.6) O Uso de EPIs é obrigatório, existindo punições para o não uso. Desde a integração são passadas as regras de</p>

	segurança do trabalho. Além disso, existe uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) e um evento anual voltado para a prevenção de acidentes – Semana Interna de Prevenção de Acidentes (SIPAT).
2.4 Novos produtos	
Linha	Descrição
C1, C2 e C3	<p>(2.4.1) Os produtos são diferenciados para as duas linhas. Para C1 existe grande variedade de modelos (57 tipos) e pequenos lotes de produção. Já na linha C2 existem poucas variações de modelos (cinco tipos) e lotes médios de produção. Na linha C3 os produtos são padronizados e produzidos em grandes lotes, em torno de 2.400 peças.</p> <p>(2.4.2) Para a linha C1 existe a preocupação em se padronizar os componentes para os diferentes modelos. Dos 38 componentes, 20 são intercambiáveis. Já para a linha C2, com muita variedade, não existe modularidade de componentes.</p> <p>(2.4.3) Não existe engenharia simultânea estruturada. Os problemas de processo são identificados posteriormente, dependendo do tipo de produto. O tempo de desenvolvimento desde a identificação da oportunidade até o lançamento é de 1,5 anos. Na engenharia são cinco meses.</p> <p>(2.4.4) Nas linhas C1 e C2 os produtos são simples (em torno de 35 componentes), e sem alta tecnologia. Na Linha C3??</p> <p>(2.4.5) Nas linhas C1 e C2 os produtos têm longo ciclo de vida, com mais de 10 anos em linha. Na linha C3 os produtos têm cerca de 30 anos ativos em portfólio. Substituições não ocorrem com frequência.</p> <p>(2.4.6) A comunicação entre os setores é restrita durante o desenvolvimento. Na engenharia utilizam o software Solid Edge. Etapas sequencias: oportunidade, viabilidade, design, engenharia (processo e ferramental), fábrica (implantação), ajustes.</p>
2.5 Qualidade	
Linha	Descrição
C1, C2 e C3	<p>(2.5.1) Não possui um programa formal de 5S com auditorias, notas, etc. O 5S é implantado dentro de <i>kaizens</i> e estão implícitos no processo, com limpeza identificação e disponibilização de ferramentas, etc.</p> <p>(2.5.2) Possui <i>andons</i> na linha que são acionados caso exista algum problema. Existe um programa de cadeia de ajuda que aciona os diferentes setores para resolver problemas no processo, principalmente defeitos de qualidade dos</p>

	<p>componentes produzidos internamente. Todas as linhas possuem teste automático de qualidade.</p> <p>(2.5.3) Todos os produtos são inspecionados ao final da linha. Produtos de exportação ainda sofrem inspeção por amostragem pelo setor de qualidade.</p> <p>(2.5.4) Não existem CCQs. Existe um Plano de melhoria que incentiva as sugestões dos funcionários. Caso a melhoria seja implantada 20% do ganho anual é dado ao funcionário, limitado a R\$ 5.000,00. E caso a melhoria não seja mensurável são contemplados com vale compras e outros brindes. Além disso, possuem grupos de <i>Kaizen</i> que atuam em projetos específicos advindos do Mapa de Fluxo de Valor.</p>
2.6 Medidas de desempenho	
Linha	Descrição
C1, C2 e C3	<p>Produtividade</p> <p>Defeitos</p> <p>Meta versus produzido</p> <p>Ciclo atrasado</p>

Fonte: desenvolvido pelo autor

APÊNDICE G –Aplicação do questionário na Empresa D

1.1 Tecnologia	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7,	<p>(1.1.1) Possuem nível três de automatização, com postos totalmente automatizados e manuais. A tendência é automatizar cada vez mais a fim de reduzir postos de trabalho. Existe norma para adquirir recursos que preveem a flexibilidade. Com os seguintes parâmetros: taxa de produção, <i>setup</i>, etc.</p> <p>(1.1.2) O produto é identificado através de um módulo eletrônico Moby, que armazena todas as informações sobre os produtos e suas etapas durante a produção, para sua rastreabilidade. Este módulo armazena as informações dos testes,</p>

D8	<p>que se estiverem abaixo da meta segregam os produtos, que são rejeitados.</p> <p>(1.1.3) O ritmo é dado pela esteira, porém o operador é quem tem que liberar o produto, nos processos críticos (<i>stop-and-go</i>).</p> <p>(1.1.4) O transporte é feito por esteira mecânica e o produto é colocado em cima de um <i>pallet</i> de metal. Para a pintura os compressores são levados por ganchetas em vias aéreas.</p>
1.2 Instalações	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	<p>(1.2.1) A empresa possui plantas em diversos países, incluindo América do Norte, Europa Oriental e Ásia. Também possuem um centro de distribuição na América do Norte para abastecer o mercado americano.</p> <p>No sul do país, produz compressores para refrigeradores, balcões frigoríficos e freezers, sendo que 70% da produção é para exportação e clientes nacionais localizam-se próximos.</p> <p>Possuem uma unidade produtiva em cidade próxima para o fornecimento de componentes como estamparia, tuberia, reles elétricos. Também utilizam fornecedores da região, principalmente de componentes plásticos.</p> <p>(1.2.2) Linhas multimodelos com grandes lotes de produção, tendendo para modelo único.</p>
1.3 Capacidade	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6,	<p>(1.3.1) A empresa possui oito linhas que funcionam em três turnos e possuem os produtos “bola preta”, que é a base do produto.</p> <p>As customizações são feitas em linhas separadas, sendo: duas linhas manuais de alto volume – produzem 15.000/dia (1 linha 3 turnos, 1 linha 3 turnos), e três células semiautomatizadas para configurações complexas - mais produtivas e melhor qualidade – Produzem 10.000/dia em 2 turnos.</p>

D7, D8	
1.4 Integração Vertical	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	<p>(1.4.1) Produz internamente os componentes principais em termos de qualidade e custos, dos quais tem bom domínio do processo e conseguem garantir a qualidade e custo mais barato. Ex: carcaça, itens de aço, cobre e fundidos. Possuem fundição, estamparia, e centros de usinagem.</p> <p>(1.4.2) Adquirem de terceiros itens nos quais não tem expertise no processo e custo competitivo. Ex: plásticos, borracha, polímeros, sintetizados, embalagens, manuais e etiquetas.</p> <p>(1.4.3) Logística Integrada: <i>Order management</i> – cuida da gestão de pedidos, Planejamento PCPM - cuida do abastecimento de materiais e programação das linhas de montagem; Importação – cuida da importação de Matéria Prima e componentes; Exportação – Cuida da exportação de produto acabado, que representa cerca de 70% da produção; Operações – cuida do abastecimento e da customização, cerca de 30% do volume passa por customizações.</p> <p>Fornecedores da região tem <i>milkrun</i> com 4 janelas diárias de entrega através do sistema <i>kanban</i> de caixa cheia caixa vazia, 70% dos itens (retorno da embalagem). 30% dos itens são requisitados sob pedidos.</p> <p>Fornecedores de SP fazem entregas diárias através de transportadoras (8 fornecedores ou 15%).</p> <p>Estoque de componentes entre 10 e 12 dias. Itens importados podem chegar a um mês.</p> <p>Os fornecedores principais são envolvidos no projeto de produto desde sua concepção, e inclusive vão para outros países onde a empresa tem planta fabril. Os principais fornecedores estão ativos a 15/20 anos.</p> <p>A empresa prefere que os fornecedores não sejam 100% dependentes para poder trocar caso seja necessário</p>

2.1 Planejamento e Controle da Produção	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	(2.1.1) A política de atendimento é <i>assemble-to-order</i> (ATO) para 95% do volume produzido devido à política de redução de estoques em nível corporativo. Para isto a empresa tem estoques de componentes, que funcionam com sistema <i>kanban</i> . A meta de estoques é de 50 dias financeiros. Apenas 5% do volume é atendido em <i>make-to-stock</i> (MTS) devido à exigência do cliente.
	(2.1.2) <i>Red period</i> - No longo prazo (5° a 18° mês) se verifica as capacidades macro e restrições (férias, turnos, <i>idle</i>).
	<i>Green period</i> (<i>middle Level Plan</i> – MPL) – No médio prazo (4ª a 16ª semana) se revisa, semanalmente, a demanda e capacidades conforme previsão de demanda e informações dos clientes. Este plano é alterado 30% no SKU. Os erros de previsão são da ordem de 70% no SKU, e 5 a 10% no volume.
	<i>Blue Period</i> – (curto prazo) se congela as 3 primeiras semanas, em reuniões semanais se congela a 3ª semana. Para o planejamento não se utiliza o tempo de ciclo, a mão de obra é fixa nas linhas
	Linhas de customização (2 células e 2 linhas)
	Existem 12 configurações possíveis de customização. No planejamento se define a demanda a ser atendida e então se define o número de pessoas para cada configuração e linha. A demanda é definida olhando-se o histórico de 6 meses. Por isto podem ocorrer oscilações na ocupação da capacidade das linhas com ociosidade ou hora extra, porém evita-se ter que abrir e fechar turno como era feito anteriormente.
	(2.1.3) Utiliza-se o módulo de CRP do sistema SAP, que agrupa os itens por similaridade de componentes, que podem se dividir em cinco grupos diferentes, que são sequenciados visando a data de entrega ao cliente. É verificada a disponibilidade de componentes e congelado o sequenciamento para 3 dias.
	Linhas de customização (2 células e 2 linhas)
	O sequenciamento é feito para atender as datas de entrega aos clientes e logística de distribuição. Tenta-se trabalhar

	<p>com 2 a 3 dias à frente. Os erros de sequenciamento nas linhas padronizadas é o principal responsável por atrasos nas entregas. Hoje em dia a sobrevida também é um problema para se cumprir os prazos de entrega. Existem em torno de 600 mil compressores em estoque antes das linhas de customização e 70 mil na expedição.</p> <p>(2.1.4) Programação empurrada a partir da montagem. E puxada para componentes.</p> <p>(2.1.5) Não tem um trabalho de dimensionamento do WIP, porém se observa grande quantidade na linha.</p> <p>(2.1.6) Estável.</p>
2.2 Organização	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	<p>(2.2.1) A linha tem um formato linear com algumas operações paralelas, cujos tempos de ciclos são superiores ao Takt da linha. Ex: Solda e teste. Recuperações e pré-montagens são feitas fora da linha.</p> <p>(2.2.2) Tem um setor de Engenharia de manutenção e estão aplicando o MPT. Possuem equipes de manutenção que trabalham próximas às linhas de montagem. Tem o indicador de OEE.</p> <p>(2.2.3) A empresa possui 3 almoxarifados diferentes: 1 de componentes que funciona no sistema <i>kanban</i>; 1 de fios de cobre, que abastece mediante a solicitação do setor, e 1 de aço que abastece mediante a solicitação do setor.</p> <p>O abastecimento dos setores de fabricação é feito através de um trem logístico (<i>mizusumashi</i>) que abastece os supermercados, que são dimensionados para aproximadamente 4 horas e o ciclo de abastecimento é de aproximadamente 1,5h. 70% dos itens funcionam em <i>kanban</i> (caixa cheia/vazia) e 30% dos componentes são requisitados através do módulo WMS (Warehouse Management System) do sistema SAP, que aponta onde e quando haverá a necessidade para que seja feito o <i>picking</i>.</p> <p>Os componentes são fabricados e colocados nos supermercados de componentes que abastecem os bordos de linha.</p> <p>Nos compressores minis é feito o dimensionamento dos supermercados e não existe revisão mensal. O <i>misushumashi</i></p>

	<p>interno tem um ciclo de 15 minutos de abastecimento, e o dimensionamento do bordo é feito para 3 ciclos (45 min.).</p> <p>Para compressores midis 50% não tem SM e é abastecido sob requisição do alimentador da linha.</p> <p>90% dos itens está no bordo de linha. 10% está em <i>Junjo</i> (sequenciado) porque é caro manter estoque.</p> <p>A programação da linha é feita pelo stator, que é o componentes gargalo, com capacidade menor de produção, caro, e depende de mão de obra para produzir.</p> <p>(2.2.4) Existem rotinas chamadas SOP (<i>Standart Operational Production</i>) em cada posto de trabalho, que contém a descrição das atividades, recursos e ferramentas a serem utilizadas, medidas e parâmetros do produto.</p> <p>Não existe padrão para a revisão das atividades, e alterações são feitas quando existem melhorias no processo.</p> <p>(2.2.5) Estão com MTM (<i>Methods-Time Mesurement</i>) na engenharia de manufatura a mais ou menos um ano.</p>
2.3 Recursos Humanos	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	<p>(2.3.1) Existe um programa forte de polivalência dos operadores nas linhas, com o objetivo de que estejam treinados para todas as atividades. Operadores em treinamento recebem um colete laranja diferenciado para identificação. Também existe identificação segundo o nível de treinamento e experiência do operador. Laranja, operador novo. Amarelo nível intermediário. Verde operador polivalente.</p> <p>(2.3.2) Segundo grau completo. Possuem programa interno de supletivo e também fornecem bolsa de estudos para os colaboradores, dependendo do cargo.</p> <p>(2.3.3) Existe um programa forte de ergonomia. Existe um grupo focado nisto. São mapeados os riscos de segurança e atividades críticas. Existe um revezamento das atividades a cada 30 min. em células/grupos de pessoas. Funciona no modo “cadeira quente” onde um operador somente deixa seu posto quando o outro chega. Nesta célula existem atividades mais puxadas e mais leves para o descanso.</p>

	<p>Ginástica laboral duas vezes ao dia de 10 minutos cada.</p> <p>(2.3.4) A motivação não é tão grande. Existe um alto índice de absentismo e rotatividade. Muitos operadores novos deixam rapidamente o trabalho. O que prejudica o processo e qualidade.</p> <p>Existem pessoas que tem orgulho em trabalhar na empresa. Existem oportunidades de crescimento na empresa através de recrutamento interno.</p> <p>(2.3.5) Existem treinamentos sob demanda feitos internamente. Existe um departamento de treinamento do RH. Existe um plano de carreira bem estabelecido e são oferecidos cursos e treinamentos para se melhorar o conhecimento.</p> <p>(2.3.6) Programa forte de segurança. Existem 10 regras de ouro da segurança que todos sabem. Para todo projeto e melhoria primeiramente é avaliado o impacto na segurança. Tem CIPA, brigada de bombeiros e programas de segurança. Objetivo é ser referencia nacional em segurança.</p>
2.4 Novos produtos	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	<p>(2.4.1) Os produtos são padronizados, porém existem muitas customizações que são feitas a partir do produto bola preta, que são feitas em linhas de customizações específicas, depois que o produto passa pelas linhas estudadas.</p> <p>(2.4.2) Existe forte intercambiabilidade de componentes. Porém muitos componentes são feitos sob medida para os clientes.</p> <p>(2.4.3) Não existe engenharia simultânea, sendo que o setor de Pesquisa e Desenvolvimento concentra todo o desenvolvimento.</p> <p>(2.4.4) Os produtos tem cerca de 80 componentes, sendo que existe complexidade em termos de parâmetros de qualidade e tecnologia embutida.</p>

	<p>(2.4.5) Produtos com ciclos de vida longos. Existem produtos com mais de 20 anos, no entanto eles sofrem modificações para melhoria, principalmente em termos de consumo de energia, capacidade, ruído, e custo.</p> <p>(2.4.6) Não existe boa comunicação entre engenharia de produto e processo. RD desenvolve o produto e lança na fábrica, o que pode gerar dificuldades no processo, desabastecimento de componentes, etc.</p>
2.5 Qualidade	
Linha	Descrição
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	<p>(2.5.1) Existe programa formal com certificação em 5S coordenados pela engenharia de processo. Cada gestor tem sua meta. A empresa possui cerca de 80% das células certificadas.</p> <p>(2.5.2) Existem Filtros (<i>poka-yokes</i>) para identificação de problemas no processo, além de testes em 100% dos produtos que são produzidos. Foram criados recentemente a figura do controlador de qualidade responsável por auditar o processo e produtos 100% do tempo. Muitos problemas devido à instabilidade da mão de obra e ao elevado ritmo de trabalho.</p> <p>Tem cadeia de ajuda. Quando ocorre um problema o operador tem autonomia para resolver em até 1 min. Até 15 min. supervisão. Até 30 min. coordenador. Até 1h Gestor.</p> <p>Em cada posto gargalo existe um acompanhamento mais próximo com andon/giroflex para avisar paradas.</p> <p>Qualidade do produto está em foco dos trabalhos. A meta é de 40ppm no cliente. Hoje em dia está em 90 ppm.</p> <p>(2.5.3) Cada operador é responsável por sua atividade. Existe teste 100% dentro da linha. Também existe controles externos por amostragem fora da linha.</p> <p>Aplicam o CEP e possuem programa seis sigma. Inclusive estão formando 20 pessoas em nível de <i>black-belt</i>.</p> <p>(2.5.4) Possuem grupos de CCQ para pequenos projetos de melhoria. E grupos de <i>kaizen</i> para resolução de problemas maiores voltados para o MFV. Existe premiação para os melhores trabalhos e já tiveram 600 grupos</p>

	diferentes. Todas as sextas-feiras os grupos apresentam as melhorias realizadas.
2.6 Medidas de desempenho	
Linha	Descrição
D1,	Produção integralmente atendida
D2,	Assertividade de produção
D3,	Tamanho dos lotes
D4,	Mudanças
D5,	Volume de produção
D6,	Ordens não cumpridas
D7,	OEE
D8	5S
	Retrabalho
	Sucata

Fonte: desenvolvido pelo autor